



ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑΣ

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΝΙΤΡΙΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΟ ΣΤΑΜΝΑΓΚΑΘΙ (*Cichorium
spinosum* L.)**

ΜΑΡΙΑ ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΥ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΑΝΤΩΝΙΑΔΗΣ

Βόλος, Μάρτιος 2021

«Επίδραση του νιτρικού αζώτου στο σταμναγκάθι (*Cichorium spinosum* L.)»

“Effect of nitrate nitrogen in chicory (*Cichorium spinosum* L.)”

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

1. Β. Αντωνιάδης, Αναπληρωτής Καθηγητής (επιβλέπων)
2. Σ. Πετρόπουλος, Επίκουρος Καθηγητής
3. Α. Καρκάνης, Επίκουρος Καθηγητής

«Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Εκπόνησης Πτυχιακής Εργασίας του ΤΓΦΠΑΠ»

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Αντωνιάδη Βασίλειο για την αμέριστη βοήθεια και στήριξη καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος και συγγραφής της παρούσας πτυχιακής διατριβής. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Πετρόπουλο καθώς και τα μέλη του Εργαστηρίου Λαχανοκομίας για την βοήθεια και συνεργασία κατά την έναρξη και διάρκεια του πειράματος αλλά και τον κ. Βέλλιο για την παραχώρηση του Εργαστηρίου Φυτοπαθολογίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Καρκάνη καθώς και όλα τα μέλη της τριμελούς επιτροπής για τον χρόνο που θα αφιερώσουν στην μελέτη της παρούσας διατριβής. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, συμφοιτητές και φίλους για την στήριξη καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	vii
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
1.1. Το σταμναγκάθι.....	8
1.1.1. Γενικά στοιχεία για το φυτό	8
1.1.2. Βοτανική περιγραφή	9
1.1.3. Οικολογικές απαιτήσεις	10
1.1.3.1. Κλιματολογικές απαιτήσεις.....	10
1.1.3.2. Εδαφολογικές απαιτήσεις.....	11
1.1.4. Χρήση και κατανάλωση.....	11
1.2. Άζωτο.....	12
1.2.1. Κύκλος αζώτου	12
1.2.2. Προσθήκη και απώλεια αζώτου στο έδαφος.....	14
1.2.3. Λειτουργίες αζώτου στο φυτό.....	15
1.2.4. Λιπαντικές ανάγκες της οικογένειας Asteraceae	15
1.3. Νιτρικά στο φυτό.....	16
1.3.1. Συγκεντρώσεις νιτρικών στα φυτά.....	17
1.3.2. Εφοδιασμός φυτών με νιτρικά.....	17
1.3.3. Προβλήματα συγκέντρωσης νιτρικών.....	18
1.4. Σκοπός της εργασίας	18
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	19
2.1. Πειραματικός σχεδιασμός.....	19
2.2. Μέθοδοι ανάλυσης	22
2.2.1. Μετρήσεις στο φυτό	22
2.2.1.1. Μέτρηση νωπού και ξηρού βάρους.....	22
2.2.1.2 Μέτρηση ολικού αζώτου.....	22
2.2.1.3. Μέτρηση φωσφόρου	24
2.2.1.4 .Μέτρηση καλίου.....	25
2.2.1.5. Μέτρηση νιτρικών	26
2.2.2. Μετρήσεις στο έδαφος	26
2.2.2.1. Μέτρηση pH	26
2.2.2.2. Μέτρηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας	27
2.2.2.3. Μέτρηση νιτρικών	27
2.3. Στατιστική επεξεργασία	28
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	28

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	40
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	44
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	45

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το σταμναγκάθι (*Cichorium spinosum* L.) είναι ένα ευρέως διαδεδομένο φυτό το οποίο καλλιεργείται σε αρκετές χώρες της μεσογείου καθώς και στην Ελλάδα. Ωστόσο, είναι ένα φυτό για το οποίο δεν υπάρχουν αρκετά δεδομένα όσον αφορά τις καλλιεργητικές του ανάγκες αλλά και την ανθεκτικότητά του στις διάφορες καταπονήσεις. Για τον λόγο αυτό, στην παρούσα πτυχιακή διατριβή ερευνήθηκε η επίδραση του νιτρικού αζώτου σε φυτά σταμναγκαθιού. Συνολικά δημιουργήθηκαν τέσσερις μεταχειρίσεις των 15 φυτών σε κάθε μία από τις οποίες πραγματοποιήθηκε υγρή λίπανση χορηγώντας διαφορετικές συγκεντρώσεις αζώτου (0, 200, 400, 600 ppm) οι οποίες περιέχονταν σε νερό βρύσης. Κατά τη διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν δύο συγκομιδές από τις οποίες μετρήθηκαν αναπτυξιακοί παράγοντες. Επιπλέον μετρήθηκαν οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών στα φύλλα του φυτού (N, P, K) καθώς και οι συγκεντρώσεις νιτρικού αζώτου. Τέλος, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στο έδαφος που αφορούσαν το pH, την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) καθώς και την συσσώρευση νιτρικού αζώτου στο έδαφος. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πειράματος βρήκαμε ότι η εφαρμογή λιπασμάτων αζώτου επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την ανάπτυξη των φυτών βελτιώνοντάς την ενώ η υπερβολική λίπανση οδηγεί στα αντίθετα αποτελέσματα. Επιπλέον, έγινε αντιληπτό ότι η υπερβολική συγκέντρωση νιτρικού αζώτου στα φύλλα και στο έδαφος επηρέασε την συνολική συσσώρευση αζώτου στα φύλλα σε αντίθεση με το P και το K που δεν επηρεάστηκαν σημαντικά. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα φυτά συνέχισαν την ανάπτυξή τους παρόλη την αυξημένη ηλεκτρική αγωγιμότητα, κάτι που υποδηλώνει την ανθεκτικότητά του σταμναγκαθιού στην αλατότητα. Επίσης, σημαντική επίδραση στις αποδόσεις των φυτών είχε η συσσώρευση νιτρικού αζώτου στο έδαφος. Τέλος, προέκυψε ότι οι καταλληλότερες τιμές pH και EC για την επιθυμητή ανάπτυξη και απόδοση των φυτών είναι 7,3-8 και 1,8-3,3 mS/cm, αντίστοιχα.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Το σταμναγκάθι

1.1.1. Γενικά στοιχεία για το φυτό

Το σταμναγκάθι (*Cichorium spinosum* L.) είναι ένα φυτό της τάξης των Asterales. Ανήκει στην οικογένεια Asteraceae και πιο συγκεκριμένα στο γένος *Cichorium* και είδος *spinosum* (Στεφανάκη-Νικηφοράκη, 1999). Είναι ένα φυτό το οποίο απαντάται στις χώρες της Μεσογείου τόσο σε παραθαλάσσιες περιοχές όσο και σε οροπέδια (Petrooulos et al., 2016). Στην Ελλάδα βρίσκεται κυρίως στην Κρήτη ενώ έχει βρεθεί και στην Πελοπόννησο, την Στερεά Ελλάδα, τις Κυκλάδες και γενικότερα στα νησιά και την ηπειρωτική Ελλάδα (Καββάδας, 1956, Κολονου et al., 2017).

Το κοινό όνομα του φυτού είναι σταμναγκάθι, όμως, μπορεί να βρεθεί και με άλλες ονομασίες όπως γιαλοράδικο, αλιφός, αλιφόνι, ραδικοστοιβιά και ραδίκι του γιαλού (Καββάδας, 1956). Η ονομασία «σταμναγκάθι» καθιερώθηκε στην Κρήτη λόγω της χρησιμότητάς του στη ζωή των παλαιών Κρητικών και είναι συσχετισμένη με την παρουσία αγκαθιών στο φυτό. Κύρια χρήση του ήταν η απώθηση των εντόμων που προσπαθούσαν να εισχωρήσουν στο νερό, τοποθετώντας το στα στόμια των σταμνών. Έτσι, με τον καιρό επικράτησε η έννοια ως το αγκάθι της στάμνας και ενώθηκε ως σταμναγκάθι (Καββάδας, 1956).

1.1.2. Βοτανική περιγραφή

Το σταμναγκάθι είναι ένας ακανθωτός μικρός θάμνος. Είναι πολυετές φυτό και το ύψος του φτάνει τα 15-40 cm. Χαρακτηρίζεται ως φυλλοβόλο, πολύκλαδο με ακανθωτές διακλαδώσεις φυτό. Αποτελείται από έναν κεντρικό βλαστό ο οποίος αναπτύσσεται από το κέντρο του φυτού και διακλαδίζεται σε μικρότερους, κοντούς και πράσινους βλαστούς. Αυτοί οι μικρότεροι βλαστοί ξυλοποιούνται και αποκτούν μια ακανθώδη μορφή καφέ χρώματος. Τα φύλλα του αναπτύσσονται από την βάση του φυτού σε μορφή ροζέτας και έχουν σχήμα πτεροειδές ή λειροειδές. Είναι επιμήκη, κολπωτά και οδοντωτά. Το πρώτο έτος ανάπτυξης του φυτού σχηματίζεται μόνο μια ροζέτα ενώ στο τέλος του βιολογικού του κύκλου σχηματίζει ακανθώδη βλαστό ο οποίος φέρει το άνθος. Οι ανθικές κεφαλές, που σχηματίζονται από τα ανθικά στελέχη, αποτελούνται από πέντε ανθίδια μπλε χρώματος. Τα ανθίδια, αυτά, είναι τέλεια ερμαφρόδιτα και η επικονιάσή τους γίνεται με την βοήθεια των μελισσών. Η περίοδος ανθοφορίας του φυτού είναι από τον Ιούνιο έως τον Αύγουστο. Η κεντρική ρίζα του φυτού, που αναπτύσσεται σε μεγάλο βάθος, είναι πασσαλώδης και διογκωμένη. Τέλος, ο καρπός του φυτού είναι αχαίνιο. Το αχαίνιο αποτελείται από πέντε σπόρους, κάθε ένας από τους οποίους φέρει πάππο. Ο πάππος αποτελείται από κοντές λεπποειδείς τρίχες που συμβάλλουν στη διασπορά του σπόρου (Γκίκας, 2020).

1.1.3. Οικολογικές απαιτήσεις

1.1.3.1. Κλιματολογικές απαιτήσεις

Το σταμναγκάθι (*Cichorium spinosum* L.), προκειμένου να έχει μια ικανοποιητική ανάπτυξη, χρειάζεται 100-130 μέρες περίπου σε συνθήκες με σχετικά ήπιες θερμοκρασίες. Ανήκει στην κατηγορία των φυτών ψυχρής εποχής, όμως μπορεί να αναπτυχθεί ιδανικά σε περιοχές με ήπιους χειμώνες που δεν εμφανίζουν φαινόμενα παγετών (Τόσκας, 2010).

Όσον αφορά την υγρασία, το σταμναγκάθι δεν έχει μεγάλες απαιτήσεις σε νερό. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι η μορφολογία των φύλλων του, καθώς η μικρή επιφάνειά τους συνεπάγεται έναν μικρό ρυθμό διαπνοής. Αξίζει, ωστόσο, να σημειωθεί ότι η υψηλή σχετική υγρασία, την άνοιξη, λειτουργεί βοηθητικά στην ανάπτυξη του φυτού. Η αναγκαιότητα της σχετικής υγρασίας κατά την περίοδο ανάπτυξής του είναι απόλυτα εμφανής, καθώς σε συνθήκες με υψηλή σχετική υγρασία τα φύλλα είναι μεγαλύτερα και ανοιχτότερου χρώματος έναντι εκείνων που αναπτύσσονται σε συνθήκες με χαμηλή σχετική υγρασία. Εκτός από τις διαφορές τους σε μορφολογικά χαρακτηριστικά, παρατηρήθηκε ότι τα φυτά που αναπτύσσονται σε συνθήκες με χαμηλή σχετική υγρασία έχουν μεγαλύτερη συγκέντρωση συστατικών στα φύλλα τους (Τόσκας, 2010).

Η ηλιακή ακτινοβολία είναι ιδιαίτερα σημαντική. Το σταμναγκάθι ευνοείται από ηλιόλουστες μέρες με αποτέλεσμα να αναπτύσσει φύλλα ανοιχτού χρώματος και μεγάλου μήκος. Αντίθετα, ο άνεμος είναι μια δυσμενής συνθήκη για αυτό διότι, εκτός από τραυματισμούς που είναι πολύ πιθανό να συμβούν, αυξάνεται ο ρυθμός διαπνοής του φυτού ενώ παράλληλα η εξάτμιση του νερού από το έδαφος γίνεται με μεγαλύτερη ταχύτητα. Αντιστοίχως, και το χαλάζι επηρεάζει αρνητικά το φυτό προκαλώντας σε αυτό υλικές ζημιές που το καθιστούν ακατάλληλο για εμπορία και κατανάλωση (Τόσκας, 2010).

1.1.3.2. Εδαφολογικές απαιτήσεις

Το γεγονός ότι το σταμναγκάθι αυτοφύεται και αναπτύσσεται κυρίως σε παραθαλάσσιες περιοχές οδηγεί στο συμπέρασμα ότι καταλληλότερα για αυτό είναι τα ελαφρώς αμμώδη, μέτριας υδατοϊκανότητας και αλατούχα εδάφη. Όμως, το σταμναγκάθι έχει την ικανότητα να καλλιεργείται και να αναπτύσσεται ικανοποιητικά σε διάφορα εδάφη. Αναπτύσσεται εξαιρετικά σε εδάφη μέσης μηχανικής σύστασης και γονιμότητας τα οποία είναι πλούσια σε οργανική ουσία, ενώ καλό είναι να μην προτιμούνται συνεκτικά εδάφη που δεν στραγγίζουν εύκολα. Το pH των εδαφών πρέπει να είναι ελαφρώς όξινο έως ελαφρώς αλκαλικό και να κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 6,1-7,8 (Τόσκας, 2010).

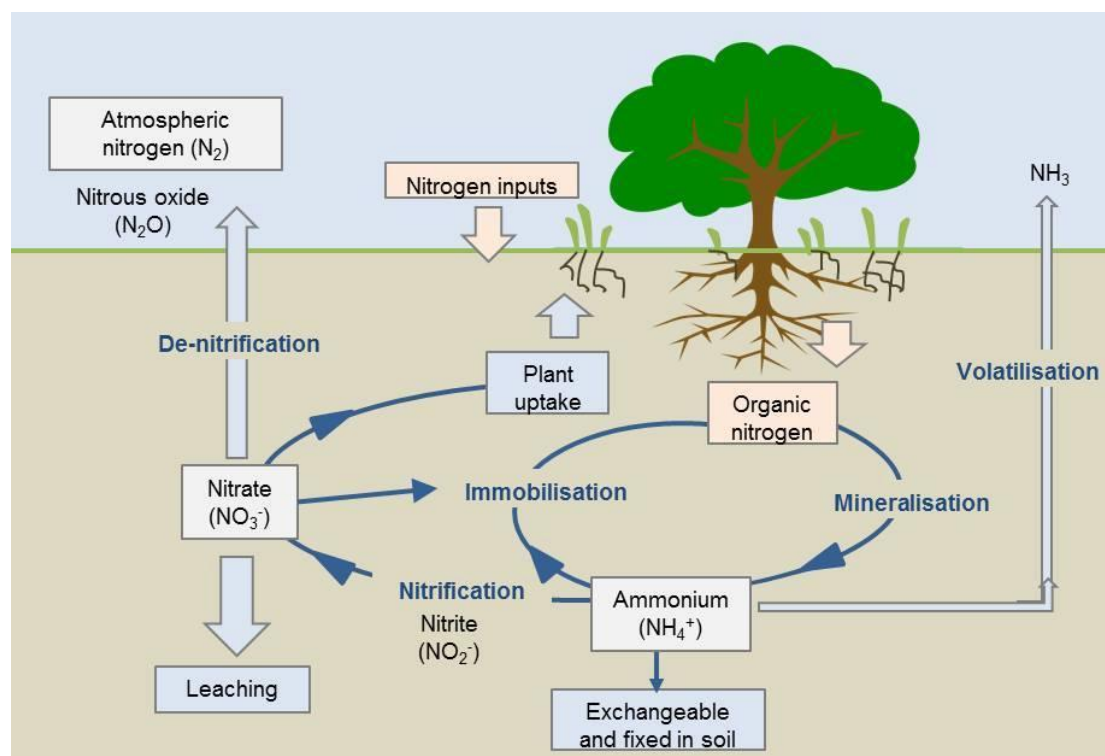
1.1.4. Χρήση και κατανάλωση

Το σταμναγκάθι είναι ένα φυτό που χρησιμοποιείται τόσο για την διατροφική του αξία όσο και για τις θεραπευτικές του ιδιότητες καθώς έχει αντιοξειδωτική δράση και είναι ένα φυτό που διαθέτει ενώσεις ευεργετικής σημασίας για τον άνθρωπο. Αποτελείται από διάφορες χημικές ενώσεις βιταμινών, φλαβονοειδών και φαινολικών ενώσεων μερικές εκ των οποίων είναι η βιταμίνη K1, η βιταμίνη C, η λουτεΐνη, το β-καροτένιο και οι τοκοφερόλες. Εκτός από τις παραπάνω χημικές ενώσεις, ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξής του, μπορεί να αποτελείται επιπλέον από ασκορβικό οξύ, ολική γλουταθειόνη, φαινόλες, πρωτεΐνες, μέταλλα και λιπαρά οξέα (Petropoulos et al, 2017). Λόγω των συστατικών του και της υψηλής διατροφικής του αξίας οι τιμές που διατίθεται στην αγορά είναι υψηλές (Chatzigianni et al, 2017, Kolovou et al., 2017).

Αξίζει να σημειωθεί ότι η γεύση του είναι πικρή και όσον αφορά την μεσογειακή διατροφή χρησιμοποιείται τόσο ως βραστό αλλά και ωμό σε σαλάτες και μαγειρευτά (Οικονομάκης, 2009, Kolovou et al., 2017). Όσον αφορά τις θεραπευτικές του ιδιότητες χρησιμοποιείται ως αντικαρκινικό, αντιδιαβητικό και κατά των καρδιακών παθήσεων κ.α. (Petropoulos et al., 2017, Οικονομάκης, 2009).

1.2. Άζωτο

1.2.1. Κύκλος αζώτου



Εικόνα 1. Ο κύκλος του αζώτου

Το άζωτο είναι ένα στοιχείο που βρίσκεται σε μεγάλη αφθονία στην ατμόσφαιρα (79%). Παρά την μεγάλη περιεκτικότητά του στην ατμόσφαιρα, η μορφή με την οποία βρίσκεται σε αυτή (N₂) δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί από όλους τους οργανισμούς παρά μόνο από ελάχιστους.

Το στοιχείο αυτό μπορεί να προσληφθεί από τους αυτότροφους οργανισμούς μόνο όταν βρίσκεται σε οργανικές ή ανόργανες μορφές στο νερό ή στο έδαφος. Η μεταφορά του από την ατμόσφαιρα στο νερό, στο έδαφος αλλά και στα φυτά γίνεται είτε μέσω της βιολογικής είτε μέσω της μη βιολογικής αζωτοδέσμευσης.

Η βιολογική αζωτοδέσμευση πραγματοποιείται σε συνθήκες θερμοκρασίας 25°C και πίεσης 1 atm και μπορεί να είναι συμβιωτική ή μη συμβιωτική. Η συμβιωτική βιολογική αζωτοδέσμευση, χαρακτηριστικό κυρίως των χερσαίων οικοσυστημάτων, γίνεται κυρίως από βακτήρια αλλά και από μερικούς μύκητες και πραγματοποιείται στις ρίζες των ψυχανθών όπου το γένος

Rhizobium σχηματίζει φυμάτια. Αντίθετα, η μη συμβιωτική δέσμευση αζώτου γίνεται με την βοήθεια αερόβιων μικροοργανισμών όπως βακτηρίων, φυκών και άλλων μικροοργανισμών και πραγματοποιείται κυρίως στα υδάτινα οικοσυστήματα (Θεριός, 2005, Βερεσόγλου, 2010).

Η μη βιολογική αζωτοδέσμευση πραγματοποιείται είτε μέσω ηλεκτρικών εκκενώσεων κατά τη διάρκεια καταιγίδων είτε μέσω της μεθόδου Haber. Κατά τη διάρκεια των ηλεκτρικών εκκενώσεων, τα οξείδια του αζώτου αντιδρούν με τους υδρατμούς και καταλήγουν στο έδαφος με την μορφή νιτρικών ή νιτρωδών ιόντων. Κατά τη διεργασία Haber, που η θερμοκρασία και η πίεση πρέπει να είναι υψηλή, τα οξείδια του αζώτου αντιδρούν με το υδρογόνο και σχηματίζουν αμμωνία (NH_3) η οποία στη συνέχεια οξειδώνεται σε νιτρικό οξύ (HNO_3) (Θεριός, 2005).

Η αξιοποιήσιμη μορφή αζώτου στο έδαφος προκύπτει από την διαδικασία της ανοργανοποίησης. Η διαδικασία αυτή ξεκινάει με την αμινοποίηση η οποία πραγματοποιείται με την βοήθεια ετερότροφων οργανισμών και απελευθερώνει αμίνες και αμινοξέα με την υδρόλυση πρωτεϊνών. Στη συνέχεια λαμβάνει χώρα η διαδικασία της αμμωνιοποίησης, όπου πάλι με την βοήθεια ετερότροφων οργανισμών σχηματίζεται αμμωνία (NH_3) και τέλος η διαδικασία της νιτροποίησης, όπου η αμμωνία μετατρέπεται είτε με την βοήθεια του *Nitrosomonas* σε νιτρώδη (NO_2^-) είτε με την βοήθεια του *Nitrobacter* σε νιτρικά (NO_3^-) (Θεριός, 2005, Βερεσόγλου, 2010).

1.2.2. Προσθήκη και απώλεια αζώτου στο έδαφος

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η προσθήκη αζώτου στο έδαφος μπορεί να γίνει με τις διεργασίες της αζωτοδέσμευσης. Εκτός όμως από τις διεργασίες αυτές, προσθήκη αζώτου στο έδαφος μπορεί να πραγματοποιηθεί και μέσω διαφόρων ειδών λιπασμάτων αλλά και με την προσθήκη οργανικής ουσίας η οποία περιέχει μικρά ποσοστά αζώτου της τάξης των 2-5%. Για να ξεκινήσει η διαδικασία της ανοργανοποίησης είναι απαραίτητο ο λόγος C/N της οργανικής ουσίας να είναι μικρότερος από 20 διότι μόνο στην περίπτωση αυτή μπορεί να διασπαστεί η οργανική ουσία.

Στο έδαφος πέρα από την προσθήκη αζώτου πραγματοποιείται παράλληλα και απώλεια αυτού μέσω ποικίλων τρόπων. Κύρια αιτία απομάκρυνσής του είναι μέσω της απορρόφησής του από διάφορες καλλιέργειες που το χρησιμοποιούν για δικές τους ανάγκες. Ένας ακόμη τρόπος είναι η απονιτροποίησή του η οποία πραγματοποιείται από απονιτροποιητικά βακτήρια (*Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Micrococcus*). Κατά την απονιτροποίηση τα νιτρικά μετατρέπονται σε οξείδια του αζώτου και αέριο άζωτο και επιστρέφουν στην ατμόσφαιρα. Επιπλέον, και μέσω της έκπλυσης του αζώτου υπό μορφή νιτρικών ιόντων από το έδαφος πραγματοποιείται απομάκρυνσή του από αυτό. Η έκπλυση αυτή μπορεί να οφείλεται στην χορήγηση υψηλής ποσότητας νερού, είτε λόγω άρδευσης είτε λόγω βροχοπτώσεων, αλλά και μειωμένης περιεκτικότητας σε οργανική ουσία και άργιλο. Επίσης, απώλεια αμμωνίας και νιτρικού οξέος παρατηρείται σε αλκαλικά και σε όξινα εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα αργιλίου και υδρογόνου, αντίστοιχα. Σε ασβεστούχα εδάφη, η εφαρμογή ουρίας ή επιφανειακών αμμωνιακών λιπασμάτων οδηγεί στην εξαέρωση της αμμωνίας. Τέλος, και οι πυρκαγιές είναι υπεύθυνες για την απομάκρυνση του αζώτου είτε εξαιτίας της καύσης της οργανικής ύλης είτε εξαιτίας των φυσικών και χημικών μεταβολών του εδάφους, ενώ παράλληλα επηρεάζουν και την ταχύτητα της νιτροποίησης (Θεριός, 2005, Καραμάνος, 2012).

1.2.3. Λειτουργίες αζώτου στο φυτό

Το άζωτο είναι ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία που χρειάζεται ένας οργανισμός. Είναι συστατικό της κυτταρικής δομής των φυτών και το 70% του αζώτου, που συγκεντρώνεται στα φύλλα, βρίσκεται στους χλωροπλάστες. Η παρουσία του εκεί είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη, την φωτοσύνθεση, την αναπαραγωγή καθώς και για τις διάφορες διεργασίες του φυτού. Τέλος, η σημαντικότητα του στοιχείου αυτού οφείλεται και στο γεγονός ότι είναι συστατικό βασικών ενώσεων όπως είναι οι πρωτεΐνες, τα αμινοξέα, τα συνένζυμα, τα νουκλεοτίδια, οι πουρίνες, οι πυριμιδίνες και οι χλωροφύλλες. (He et al., 2020, Θεριός, 2005, Κολονου et al., 2017).

1.2.4. Λιπαντικές ανάγκες της οικογένειας Asteraceae

Η ταχύτητα ανάπτυξης και οι αποδόσεις ενός φυτού εξαρτώνται από την ποσότητα αζώτου που παρέχεται στα φυτά (Chatzigianni et al., 2017). Ο φώσφορος είναι σημαντικός για την ανάπτυξη των ριζών, των σπόρων και για την έναρξη της άνθισης, ενώ παράλληλα βελτιώνει την ποιότητα των καλλιεργειών και η εμφάνιση ασθενειών μειώνεται σημαντικά. Επιπροσθέτως, το κάλιο βελτιώνει, εκτός από την ποιότητα και το μέγεθος των φυτών και των σπόρων, την ανθεκτικότητα των φυτών στις διάφορες ασθένειες (Silva et al., 2000).

Το ραδίκι (*Cichorium intybus* L.) και το αντίδι (*Cichorium endivia* L.) είναι δύο συγγενικά είδη του σταμναγκαθιού. Η λίπανση τους έχει ιδιαίτερη σημασία για αυτό διότι δεν υπάρχουν αρκετά δεδομένα για τις λιπαντικές του ανάγκες και ο προσδιορισμός των απαιτήσεων του σε αυτές γίνεται με βάση τις απαιτήσεις άλλων συγγενικών ειδών της καλλιέργειας.

Η λίπανση του ραδικιού και του αντιδιού δεν διαφέρουν. Για την λίπανση απαιτείται καλά χωνεμένη κοπριά σε ποσότητα ίση με 2400-4000 kg το στρέμμα. Επιπλέον, απαιτούνται 10-15 μονάδες N (40-60 kg λιπάσματος 26-0-0), 10-12 μονάδες P₂O₅ (50-60 kg λιπάσματος 0-20-0) και 15-20 μονάδες K₂O (30-40 kg λιπάσματος 0-0-50).

Η κοπριά ενσωματώνεται σε βάθος 30-40 cm πριν από την φύτευση. Τα φωσφοροκαλιούχα λιπάσματα προστίθενται με την προετοιμασία του εδάφους για φύτευση. Τέλος, το αζωτούχο λίπασμα προστίθεται 2-3 φορές με επιφανειακή λίπανση ανά 20 μέρες περίπου (Χα κ.α., 2014).

1.3. Νιτρικά στο φυτό

Το άζωτο απορροφάται από τα φυτά είτε με την μορφή νιτρικών (NO_3^-) είτε με την μορφή αμμωνίου (NH_4). Το νιτρικό, μέσα στο φυτό, πρέπει να αναχθεί σε αμμώνιο και στη συνέχεια να συμμετάσχει στη σύνθεση διαφόρων αμινοξέων σε αντίθεση με το αμμώνιο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί αμέσως μόλις απορροφηθεί.

Το ένζυμο νιτρική αναγωγή δρα ως καταλύτης στο πρώτο στάδιο αναγωγής του νιτρικού (NO_3^-) σε νιτρώδη (NO_2^-). Τις περισσότερες φορές, δότης ηλεκτρονίων για την αναγωγή του νιτρικού είναι το NADH το οποίο προκύπτει είτε από την οξειδωση της 3-φωσφορικής γλυκεριναλδεύδης είτε από γλυκόλυση. Εκτός όμως από αυτό, δότες ηλεκτρονίων είναι επίσης το NADPH και η ανηγμένη φλαβίνη. Η διεργασία αυτή συνεχίζεται με επιπλέον αναγωγές και σχηματισμό κι άλλων ενδιάμεσων προϊόντων (νιτρώδη ιόντα, υδροξυλαμίνη, NH_3).

Τα φυτά ανάλογα με το σημείο που γίνεται η αναγωγή του νιτρικού διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα φυτά όπου η αναγωγή γίνεται στις ρίζες, στην δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα φυτά όπου η αναγωγή γίνεται στα φύλλα και τέλος στην τρίτη κατηγορία ανήκουν τα φυτά όπου η αναγωγή γίνεται και στις ρίζες και στα φύλλα (Θεριός, 2005).

1.3.1. Συγκεντρώσεις νιτρικών στα φυτά

Τα νιτρικά δεν συγκεντρώνονται ομοιόμορφα στα φυτά. Η συγκέντρωσή τους είναι μικρότερη στα ανθικά τμήματα του φυτού σε σχέση με τα υπόλοιπα τμήματα, στα οποία η συγκέντρωση αυξάνεται. Εκτός από τις διαφορετικές συγκεντρώσεις στα διάφορα τμήματα του φυτού, διαφορετικές συγκεντρώσεις απαντώνται και στις διάφορες ηλικίες των ιστών με τους γηραιότερους ιστούς να έχουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις. Επίσης, διαφορές παρατηρούνται και μεταξύ των ίδιων οργάνων αλλά διαφορετικών φυτών (Θεριός, 2005).

1.3.2. Εφοδιασμός φυτών με νιτρικά

Η συγκέντρωση νιτρικών στο φυτό προκύπτει είτε από νιτρικά που σχηματίζονται είτε από νιτρικά που προστίθενται στο θρεπτικό υπόστρωμα. Η συγκέντρωσή τους στο φυτό είναι υψηλή είτε όταν εμποδίζεται ο μεταβολισμός του είτε όταν βρίσκεται σε υψηλές συγκεντρώσεις στο θρεπτικό υπόστρωμα, ενώ καθοριστικό ρόλο στη συγκέντρωσή τους έχει η ποσότητα, ο χρόνος και ο τρόπος που τα διάφορα λιπάσματα εφαρμόζονται στο θρεπτικό διάλυμα (Θεριός, 2005).

Η χορήγηση νιτρικών λιπασμάτων είναι μια από τις πιο σημαντικές πηγές αζώτου (Chatzigianni et al., 2019). Τα λιπάσματα αυτά είναι ευδιάλυτα με αποτέλεσμα τα νιτρικά να απομακρύνονται από το ριζόστρωμα. Το νιτρικό νάτριο και το νιτρικό ασβέστιο είναι οι κυριότερες μορφές νιτρικών λιπασμάτων με την πρώτη να είναι υπεύθυνη για τυχόν αλκαλίωση, κυρίως αρδευόμενων εδαφών (Καραμάνος, 2012, Θεριός, 2005).

1.3.3. Προβλήματα συγκέντρωσης νιτρικών

Τα νιτρικά άλατα έχουν ιδιαίτερη σημασία τόσο στο περιβάλλον όσο και στα φυτά. Στο περιβάλλον, λόγω έκπλυσης ή διάβρωσης των εδαφών, συμβάλλουν στην ρύπανση επιφανειακών και υπόγειων υδάτων. Στα φυτά, κυρίως στα λαχανικά, η συγκέντρωση νιτρικών αλάτων στο εδώδιμο μέρος είναι υψηλή και έχει ως συνέπεια την εμφάνιση ασθενειών στον άνθρωπο καθώς και την μεταβολή της περιεκτικότητας των φυτών σε φυτοθρεπτικά συστατικά (Chen et al., 2004, Κολονου et al., 2017).

Τα νιτρικά, με την είσοδό τους στο πεπτικό σύστημα, ανάγονται σε νιτρώδη, τα οποία όταν απορροφηθούν από το αίμα σε συνδυασμό με την αιμοσφαιρίνη οξειδώνουν το Fe^{2+} σε Fe^{3+} και προκαλούν μεθαιμοσφαιριναιμία (Wang et al., 2004). Η μεθαιμοσφαιριναιμία εμποδίζει την μεταφορά οξυγόνου και εμφανίζει συμπτώματα κυάνωσης, ζάλης και κεφαλαλγίας. Μπορεί να προκαλέσει μέχρι και τον θάνατο όταν αυτή βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα (Singh et al., 2020). Η μεθαιμοσφαιριναιμία είναι πιο επικίνδυνη για τα μωρά παρά για τους ενήλικες (Wang et al., 2004). Επιπλέον, τα νιτρώδη, μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές ασθένειες όπως είναι ο καρκίνος του στομάχου (Chen et al., 2004).

Η ποσότητα νιτρικών και νιτρωδών που λαμβάνει ένας ενήλικας ανάλογα με το βάρος του πρέπει να είναι μικρότερη από 15-70 mg ανά κιλό και μικρότερη από 20 mg ανά κιλό, αντίστοιχα (Θεριός, 2005).

1.4. Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής διατριβής ήταν η μελέτη της επίδρασης διαφόρων συγκεντρώσεων νιτρικού αζώτου σε φυτά σταμναγκαθιού. Συγκεκριμένα, ερευνήθηκε η επίδραση αυτών στο σταμναγκάθι όσο και στα υπόλοιπα θρεπτικά στοιχεία και το έδαφος.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Πειραματικός σχεδιασμός

Για την πραγματοποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκε το θερμοκήπιο της σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Στο παρόν πείραμα ως φυτικό υλικό χρησιμοποιήθηκαν σπορόφυτα σταμναγκαθίου του είδους *Cichorium spinosum* L.

Η πειραματική διαδικασία ξεκίνησε με την προσθήκη του απαραίτητου αζώτου και νιτρικών σε 3 διαφορετικά βαρέλια με νερό βρύσης συγκέντρωσης 200 mL έτσι ώστε οι συγκεντρώσεις του ολικού αζώτου να φτάσουν τα 200, 400 και 600 ppm. Στο βαρέλι με τα 200 ppm χρησιμοποιήθηκε λίπασμα 20-20-20 N-P-K (5.8% νιτρικό άζωτο, 4% αμμωνιακό άζωτο και 10.2% ουρία) έως ότου επιτευχθεί η συγκεκριμένη συγκέντρωση. Σε εκείνο των 400 ppm χρησιμοποιήθηκε ό,τι και στο προηγούμενο βαρέλι με την διαφορά όμως ότι έγινε προσθήκη νιτρικής αμμωνίας (34,5% ολικό N με 50% NO_3^- και 50% NH_4^+) έτσι ώστε να υπάρξουν άλλα 200 ppm N. Τέλος, στο τρίτο βαρέλι ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία με το πρώτο αλλά και με την προσθήκη νιτρικής αμμωνίας (34,5% ολικό N με 50% NO_3^- και 50% NH_4^+) έτσι ώστε να υπάρξουν άλλα 400 ppm.

Το αμέσως επόμενο βήμα ήταν η υλοποίηση της μεταφύτευσης των σπορόφυτων σταμναγκαθίου από τις καρτέλες σε γλάστρες των 2 L. Το έδαφος που χρησιμοποιήθηκε στις γλάστρες συλλέχθηκε από το αγρόκτημα της σχολής Γεωπονικών Επιστημών στην περιοχή του Βελεστίνου Μαγνησίας. Το σύνολο των γλαστρών που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα ήταν 60.

Με το πέρας της μεταφύτευσης, οι γλάστρες χωρίστηκαν σε τέσσερις διαφορετικές μεταχειρίσεις. Η κάθε μεταχείριση αποτελείτο από 15 γλάστρες. Σε κάθε μεταχείριση τα σταμναγκάθια ποτίζονταν με νερό από τα βαρέλια που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Έτσι, η πρώτη μεταχείριση αποτέλεσε τον μάρτυρα όπου τα φυτά ποτίζονταν με νερό βρύσης, στην δεύτερη μεταχείριση τα φυτά ποτίζονταν με νερό στο οποίο είχε γίνει επιπλέον προσθήκη αζώτου

συγκέντρωσης 200 ppm, στην τρίτη μεταχείριση τα φυτά ποτίζονταν με νερό στο οποίο είχε γίνει επιπλέον προσθήκη αζώτου συγκέντρωσης 400 ppm και στην τελευταία με νερό συγκέντρωσης αζώτου 600 ppm.

Τα ποτίσματα ξεκίνησαν κατευθείαν μετά τη μεταφύτευση και συνεχίστηκαν τακτικά καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος ανάλογα με τις απαιτήσεις του φυτού. Συνήθως, τα ποτίσματα πραγματοποιούνταν 1-2 φορές την εβδομάδα.

Κατά την διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν δύο συγκομιδές. Η πρώτη έγινε στις 23/02/2018 όπου συλλέχθηκαν τα περισσότερα φύλλα των φυτών αφήνοντας 3-5 φύλλα έτσι ώστε να συνεχιστεί η ανάπτυξή τους. Τα φύλλα της κάθε μεταχείρισης τοποθετήθηκαν σε σακουλάκια και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο όπου μετρήθηκε ο αριθμός, η διάμετρος τους και το νωπό βάρος τους. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η ξήρανση των φύλλων και τρεις μέρες αργότερα μετρήθηκε το ξηρό τους βάρος. Ταυτόχρονα, τα ποτίσματα στο θερμοκήπιο συνεχίστηκαν κανονικά έως την δεύτερη και τελευταία συγκομιδή στις 30/03/2018 όπου ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία όπως προηγουμένως και τα φυτά κορνιοτοποιήθηκαν. Παράλληλα συλλέχθηκε και το έδαφος από τις γλάστρες το οποίο επίσης μεταφέρθηκε στο εργαστήριο, ξηράθηκε για δύο μέρες και στη συνέχεια κοσκινίστηκε.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Συγκεντρώσεις και είδος θρεπτικού ανά μεταχείριση

Μεταχείριση	Συγκέντρωση	Είδος θρεπτικού
M(0)	0 ppm	0
M(200)	200 ppm	20-20-20 N-P-K (5.8% νιτρικό άζωτο, 4% αμμωνιακό και 10.2% ουρία)
M(400)	400 ppm	20-20-20 N-P-K (5.8% νιτρικό άζωτο, 4% αμμωνιακό άζωτο και 10.2% ουρία) Νιτρική αμμωνία (34,5% ολικό N με 50% NO ₃ - και 50% NH ₄ ⁺)
M(600)	600 ppm	20-20-20 N-P-K (5.8% νιτρικό άζωτο, 4% αμμωνιακό και 10.2% ουρία) Νιτρική αμμωνία (34,5% ολικό N με 50% NO ₃ - και 50% NH ₄ ⁺)

2.2. Μέθοδοι ανάλυσης

2.2.1. Μετρήσεις στο φυτό

2.2.1.1. Μέτρηση νωπού και ξηρού βάρους

Το νωπό βάρος, ο αριθμός των φύλλων και η διάμετρός τους μετρήθηκε αμέσως μετά από κάθε συγκομιδή. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η ξήρανση αυτών σε φούρνο στους 70°C για τρεις με τέσσερις μέρες. Με το πέρας αυτών των ημερών, τα δείγματα παραλήφθηκαν από το φούρνο και έγινε η μέτρηση του ξηρού τους βάρους. Να σημειωθεί ότι το βάρος των δειγμάτων και στις δύο περιπτώσεις μετρήθηκε από ηλεκτρονική ζυγαριά ακριβείας και η διάμετρος των φύλλων με χάρακα.

2.2.1.2 Μέτρηση ολικού αζώτου

Για αυτή τη μέτρηση χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Kjeldahl. Η μέθοδος αυτή αποτελείται από την πέψη, την απόσταξη και την ογκομέτρηση.

Για την πέψη χρειάστηκαν:

1. Σωλήνες πέψης των 500 mL
2. Πυκνό διάλυμα H_2SO_4
3. Ταμπλέτες Kjeltab σεληνίου στις οποίες περιέχονται 200mg $CuSO_4$ και 10 g K_2SO_4 και τέλος,
4. Ταμπλέτες antifoam οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν έτσι ώστε να αποφευχθεί ο έντονος αφρισμός των δειγμάτων.

Για την απόσταξη χρειάστηκαν:

1. Κωνικές φιάλες των 250 mL
2. Βορικό οξύ 4% από το οποίο ζυγίστηκαν 40 g H_3BO_3 σε 1 L νερό και τέλος,
3. Διάλυμα καυστικού νατρίου (alkali) από το οποίο ζυγίστηκαν 400 g $NaOH$ σε 1 L H_2O .

Για την ογκομέτρηση χρειάστηκαν:

1. 0.1103 N (0.055 M) H_2SO_4 . 30 mL του πυκνού διαλύματος H_2SO_4 αραιώθηκαν σε 1000 mL H_2O . Στη συνέχεια έγινε 10 φορές αραιώση αυτού και λήφθηκε το διάλυμα 0.1103 N H_2SO_4 .
2. Μικτός δείκτης bromocresol green και methyl red. Παρασκευάστηκαν και αναμίχθηκαν σε αναλογία 1:1. Για την παρασκευή του πρώτου δείκτη διαλύθηκαν 0,15 g bromocresol green σε 100 mL αιθανόλης 96% v/v. Προστέθηκαν, σε σταγόνες, περίπου 1,5 mL 0,1 N $NaOH$ μέχρις ότου το κόκκινο χρώμα μετατράπηκε σε σκούρο κόκκινο. Η παραπάνω διάλυση έγινε με ταυτόχρονη ανάδευση του συστήματος αυτού ενώ για την παρασκευή του δεύτερου δείκτη διαλύθηκαν 0,1 g methyl red σε 100 mL αιθανόλης 96% v/v.

Στην αρχή της διαδικασίας ζυγίστηκε 1 g δείγματος φυτού και προστέθηκαν 20 mL πυκνό H_2SO_4 , 2 ταμπλέτες Kjeltab σεληνίου και 1 ταμπλέτα anti-foam σε σωλήνα πέψης. Επιπλέον, σε ένα σωλήνα πέψης, γνωστός ως σωλήνας «λευκού» προσδιορισμού, προστέθηκε ό,τι και παραπάνω εκτός από το φυτικό υλικό. Στις στήλες προσαρμόστηκε το σύστημα συλλογής και υγροποίησης των αναθυμιάσεων, για τη λειτουργία του οποίου η βρύση του απαγωγού αερίων παρέμεινε ανοιχτή. Η πέψη πραγματοποιήθηκε με την χρήση του block πέψης του Εργαστηρίου στο Πρόγραμμα 1. Με το πέρας της διαδικασίας της πέψης οι σωλήνες ανασηκώθηκαν έτσι ώστε να κρυώσουν πιο γρήγορα.

Αφού κρύωσαν τα δείγματα ξεκίνησε η διαδικασία της απόσταξης η οποία πραγματοποιήθηκε στο σύστημα αυτόματης απόσταξης.

Το περιεχόμενο της κωνικής φιάλης, που προέκυψε από την απόσταξη, ήταν διαφανές. Σε αυτό προστέθηκαν 5 σταγόνες του μικτού δείκτη με αποτέλεσμα το προϊόν της απόσταξης να μετατραπεί σε πράσινο. Μόλις το πράσινο απόσταγμα μετατράπηκε σε ροζ, λόγω της χορήγηση 0,1103 N H_2SO_4 , πραγματοποιήθηκε η ογκομέτρηση. Η διαδικασία αυτή συνεχίστηκε για όλα τα άγνωστα διαλύματα όπως και για το «λευκό» διάλυμα, η τιμή του οποίου αφαιρέθηκε από την τιμή της ογκομέτρησης του άγνωστου δείγματος.

2.2.1.3. Μέτρηση φωσφόρου

Η μέτρηση του φωσφόρου πραγματοποιήθηκε με την χρήση φασματοφωτόμετρου αφού αναπτύχθηκε κυανό χρώμα στο δείγμα. Το εκχυλίσμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν 20 φορές αραιωμένο.

Για την διαδικασία χρειάστηκαν 0.5 g δείγματος φυτού τα οποία τοποθετήθηκαν σε κάψα πορσελάνης. Στη συνέχεια, οι κάψες θερμάνθηκαν σε αποτεφρωτικό φούρνο στους 550°C για 8 ώρες. Με το πέρας των 8 ωρών τα δείγματα αφέθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου και σε κάθε κάψα προστέθηκαν 20 mL HCl 20% και αναδεύτηκαν με γυάλινη ράβδο. Το περιεχόμενο της κάψας διηθήθηκε με τη βοήθεια διηθητικού χαρτιού.

Διαδικασία ανάπτυξης χρώματος στο άγνωστο δείγμα:

Χρησιμοποιήθηκαν ογκομετρικές φιάλες των 50 mL στις οποίες προστέθηκαν:

1. 5 mL εκχυλίσματος αποτέφρωσης
2. 2,5 mL αντιδραστηρίου B (ασκορβικό οξύ)
3. 2 mL 1 M NaOH έτσι ώστε να ρυθμιστεί το pH στο 7
4. H_2O μέχρι την χαραγή

Διαδικασία ανάπτυξης χρώματος στο γνωστό δείγμα (standard):

Χρησιμοποιήθηκαν 6 ογκομετρικές φιάλες των 25 mL στις οποίες προστέθηκαν:

1. 0, 0.5, 1, 2, 4, 5 mL διαλύματος 5 ppm διαδοχικά με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν πρότυπα διαλύματα με συγκέντρωση P 0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.8 και 1 ppm (mg P/L)
2. 2,5 mL αντιδραστηρίου B (ασκορβικό οξύ)
3. 11 mL 1 M NaOH.
4. H₂O μέχρι τη χαραγή

Τα δείγματα αφέθηκαν για 30 min έτσι ώστε να αναπτυχθεί το χρώμα τους. Με το πέρας των 30 min μετρήθηκε ο P. Στη συνέχεια οι ενδείξεις οργάνου των γνωστών δειγμάτων τοποθετήθηκαν σε καμπύλη βαθμονόμησης από την οποία υπολογίστηκε η συγκέντρωση του φωσφόρου στο εκχύλισμα.

2.2.1.4 .Μέτρηση καλίου

Για την μέτρηση του καλίου ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία με την μέτρηση του φωσφόρου με μόνη διαφορά ότι οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με την χρήση φλωγοφωτομέτρου αντί για φασματοφωτόμετρο.

2.2.1.5. Μέτρηση νιτρικών

Η μέτρηση νιτρικών στο φυτό πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια του φασματοφωτομέτρου όπου προσδιορίστηκε το νιτρικό άζωτο των φυτικών ιστών με νιτροποίηση του σαλικυλικού οξέος.

Από το κάθε δείγμα χρειάστηκαν 0,10 g, στα οποία προστέθηκαν 10 mL απιονισμένου νερού, και τοποθετήθηκαν σε δοκιμαστικό σωλήνα. Στη συνέχεια, οι δοκιμαστικοί σωλήνες αφέθηκαν για 1 h και σε θερμοκρασία ίση με 45°C για επώαση σε υδατόλουτο. Με το πέρας μιας ώρας, ακολούθησε η διήθηση των δειγμάτων με την βοήθεια διηθητικού χαρτιού σε πλαστικά μπουκαλάκια τύπου falcon των 100 mL. Από το κάθε μπουκαλάκι λήφθηκε ποσότητα ίση με 0,2 mL και τοποθετήθηκε σε κωνική φιάλη μαζί με 0,8 mL σαλικυλικό οξύ 5% (w/v) σε πυκνό θειικό οξύ (H₂SO₄) με ταυτόχρονη ανάδευση. Τα δείγματα αφέθηκαν σε ηρεμία για 25 min. Στη συνέχεια προστέθηκαν 19 mL 2 N NaOH και τα δείγματα αφέθηκαν για άλλα 25 min. Με το πέρας των 25 min ακολούθησε η μέτρηση της απορρόφησης των νιτρικών με την βοήθεια του φασματοφωτομέτρου σε μήκος κύματος 410 nm.

Η βαθμονόμηση του φασματοφωτομέτρου και η καμπύλη αναφοράς υπολογίστηκε βάση της γνωστής συγκέντρωσης νιτρικών (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60).

2.2.2. Μετρήσεις στο έδαφος

2.2.2.1. Μέτρηση pH

Για την έναρξη της διαδικασίας μέτρησης του pH ζυγίστηκαν 10 g εδάφους τα οποία τοποθετήθηκαν σε μπουκαλάκια τύπου falcon των 50 mL μαζί με 25 mL απιονισμένου νερού. Στη συνέχεια τα δείγματα ανακινήθηκαν για 10 min και αφέθηκαν σε ηρεμία για άλλα 30 min. Η μέτρηση του pH πραγματοποιήθηκε με την χρήση πεχαμέτρου στο οποίο έγινε καλιμπάρισμα με ρυθμιστικά διαλύματα pH 7 και pH 4 και στην συνέχεια εμβάπτιση του ηλεκτροδίου του πεχαμέτρου στο διάλυμα.

2.2.2.2. Μέτρηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας

Για την μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) του εδάφους ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία με την διαδικασία μέτρησης του pH με την διαφορά ότι τα δείγματα μετρήθηκαν σε αγωγιμόμετρο. Όπως και παραπάνω έτσι και σε αυτή τη μέτρηση το ηλεκτρόδιο του αγωγιμομέτρου απλά εμβαπτίστηκε στο διάλυμα.

2.2.2.3. Μέτρηση νιτρικών

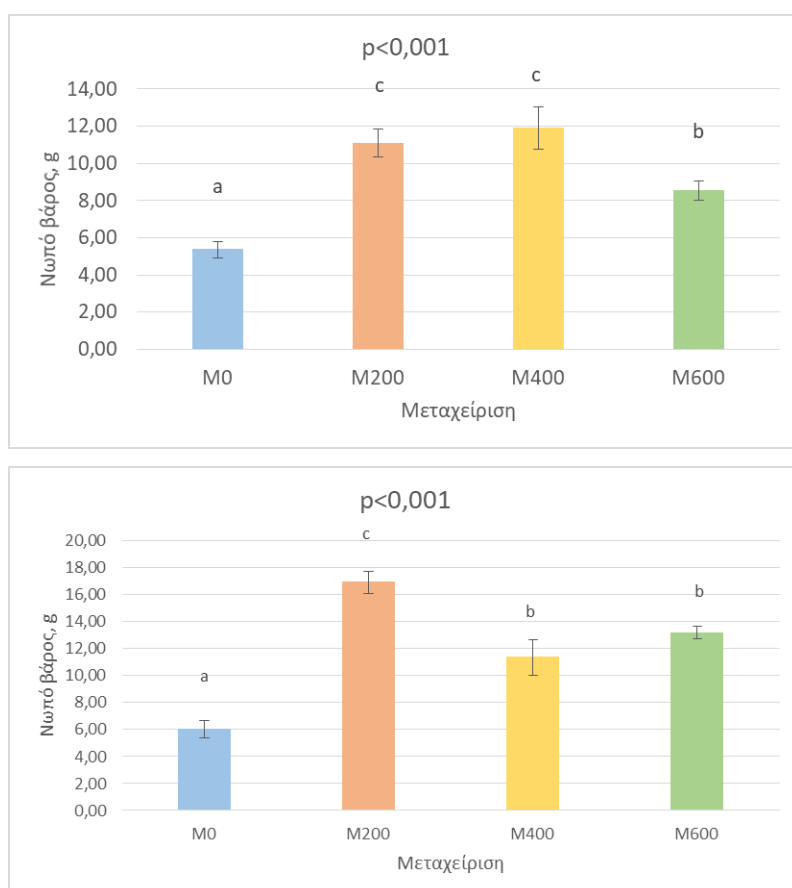
Για την μέτρηση των νιτρικών του εδάφους αρχικά, αναγκαία ήταν η δημιουργία των standard διαλυμάτων έτσι ώστε να γίνει η καμπύλη βαθμονόμησης. Για την δημιουργία αυτών των διαλυμάτων ζυγίστηκαν 0.7216 g KNO₃ σε 1000 mL H₂O που είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία πρότυπων διαλυμάτων 1000 mg NO₃-N L⁻¹ (1000 ppm N). Στη συνέχεια, από αυτό το διάλυμα λήφθηκαν 10 mL και αραιώθηκαν σε ογκομετρική φιάλη των 1000 mL με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν 10 mg NO₃-N L⁻¹ (10 ppm N). Αμέσως μετά, από το συγκεκριμένο διάλυμα λήφθηκαν 0, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 20, 25 και 30 mL διαλύματος 10 ppm NO₃-N και προστέθηκαν σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL. Στη συνέχεια συμπληρώθηκε KCl συγκέντρωσης 2 M μέχρι την χαραγή. Αυτή η διαδικασία έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία γνωστών διαλυμάτων με συγκεντρώσεις 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 έως 3.0 mg NO₃-N L⁻¹ (ppm N).

Αφού δημιουργήθηκαν τα standard διαλύματα άρχισε η προετοιμασία των άγνωστων διαλυμάτων. Αρχικά, ζυγίστηκαν 2 g εδάφους τα οποία τοποθετήθηκαν σε μπουκαλάκια τύπου falcon των 50 mL. Στα ίδια μπουκαλάκια προστέθηκαν από 20 mL KCl συγκέντρωσης 2 M στο καθένα. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ανάδευση για μισή ώρα και διήθηση σε μπουκαλάκια των 50 mL με την χρήση διηθητικού χαρτιού. Με το τέλος της διήθησης έγινε 20 φορές αραιώση έτσι ώστε το εκχύλισμα να είναι στο ευθύγραμμο τμήμα της καμπύλης βαθμονόμησης και κατόπιν, τα αραιωμένα διηθήματα μετρήθηκαν σε φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 210 και 270 nm.

2.3. Στατιστική επεξεργασία

Η στατιστική επεξεργασία έγινε με την μονοπαραγοντική ανάλυση της παραλλακτικότητας (one-wayANOVA) και οι σημαντικές διαφορές προσδιορίστηκαν στο επίπεδο του $p < 0.05$ με ανάλυση post-hoc κατά Duncan. Στα Σχήματα οι μπάρες σφάλματος απεικονίζουν το τυπικό σφάλμα των επαναλήψεων κάθε μεταχείρισης.

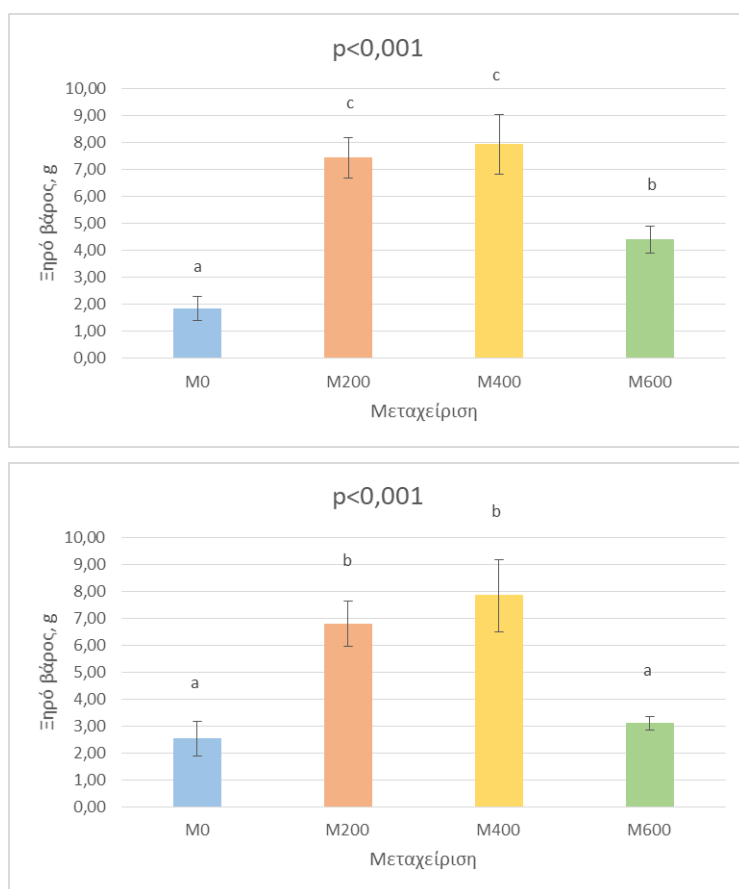
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



Σχήμα 1. Τιμές νωπού βάρους φυτών πρώτης κοπής (23/02/2018, πάνω γράφημα) και δεύτερης κοπής (30/03/2018, κάτω γράφημα), στις μεταχειρίσεις M0 (μάρτυρας, χωρίς προσθήκες), M200 (προσθήκη 200 ppm N), M400 (προσθήκη 400 ppm N) και M600 (προσθήκη 600 ppm N).

Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται το νωπό βάρος των φυτών κατά την πρώτη κοπή (πάνω γράφημα) και την δεύτερη κοπή (κάτω γράφημα). Παρατηρείται ότι στην πρώτη κοπή ο μάρτυρας (M0) είχε βάρος μικρότερο από 6 g και αυξήθηκε σημαντικά στις μεταχειρίσεις με προσθήκη N. Ωστόσο, οι μεταχειρίσεις M200 και M400 ήταν χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές και υψηλότερες από τις υπόλοιπες, ενώ στην υψηλή μεταχείριση προσθήκης N (M 600) το νωπό βάρος μειώθηκε σημαντικά σε σχέση με τα M200 και M400.

Στο νωπό βάρος των φυτών δεύτερης κοπής προέκυψε ότι ο μάρτυρας (M0) είχε βάρος σχεδόν ίσο με 6 g ενώ αυξήθηκε σημαντικά στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Οι μεταχειρίσεις με τις υψηλότερες προσθήκες N (M400, M600) ήταν χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές ενώ στη μεταχείριση M200 το νωπό βάρος αυξήθηκε σημαντικά.

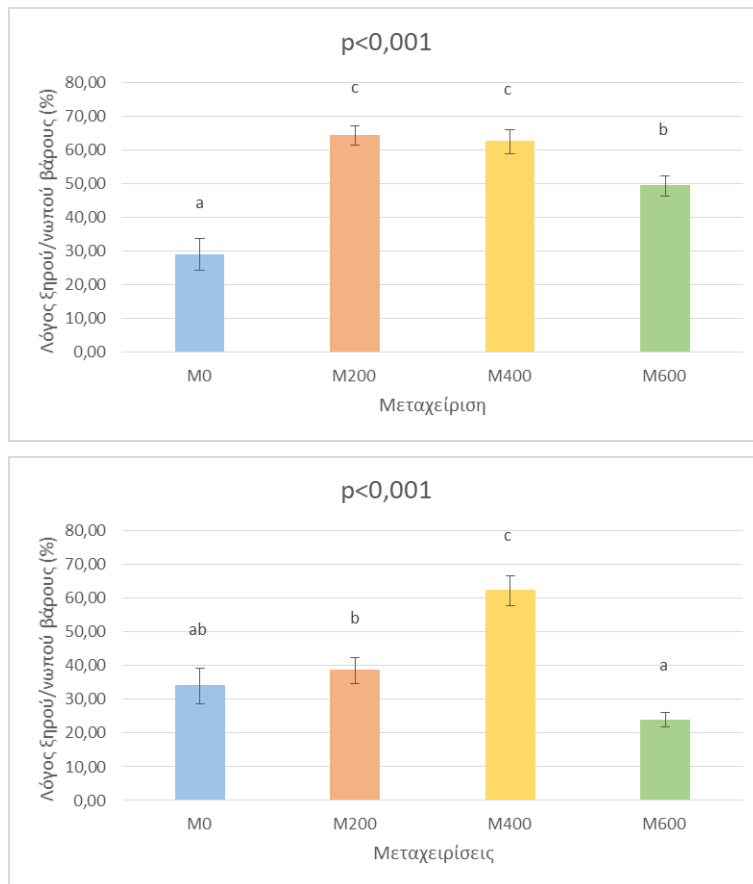


Σχήμα 2. Τιμές ξηρού βάρους φυτών πρώτης κοπής (23/02/2018, πάνω γράφημα) και δεύτερης κοπής (30/03/2018, κάτω γράφημα), στις μεταχειρίσεις M0 (μάρτυρας, χωρίς

προσθήκες), M200 (προσθήκη 200 ppm N), M400 (προσθήκη 400 ppm N) και M600 (προσθήκη 600 ppm N).

Όσον αφορά το ξηρό βάρος των φυτών πρώτης κοπής (Σχήμα 2, πάνω γράφημα) προέκυψε ότι το ξηρό βάρος των φυτών ήταν μικρότερο από 2 g στον μάρτυρα (M0) και αυξήθηκε σημαντικά στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Οι μεταχειρίσεις M200 και M400 ήταν χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές και υψηλότερες από τις υπόλοιπες ενώ η μεταχείριση M600 είχε σημαντικά στατιστικές διαφορές.

Στο ξηρό βάρος των φυτών δεύτερης κοπής (Σχήμα 2, κάτω γράφημα) προέκυψε ότι το ξηρό βάρος των φυτών ήταν μεγαλύτερο από 2 και μικρότερο από 3 g στον μάρτυρα (M0) ενώ στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις αυξήθηκε. Οι μεταχειρίσεις M0 και M600 ήταν χωρίς στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Οι μεταχειρίσεις M200 και M400 είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές με τις μεταχειρίσεις M0 και M600 ενώ μεταξύ τους δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

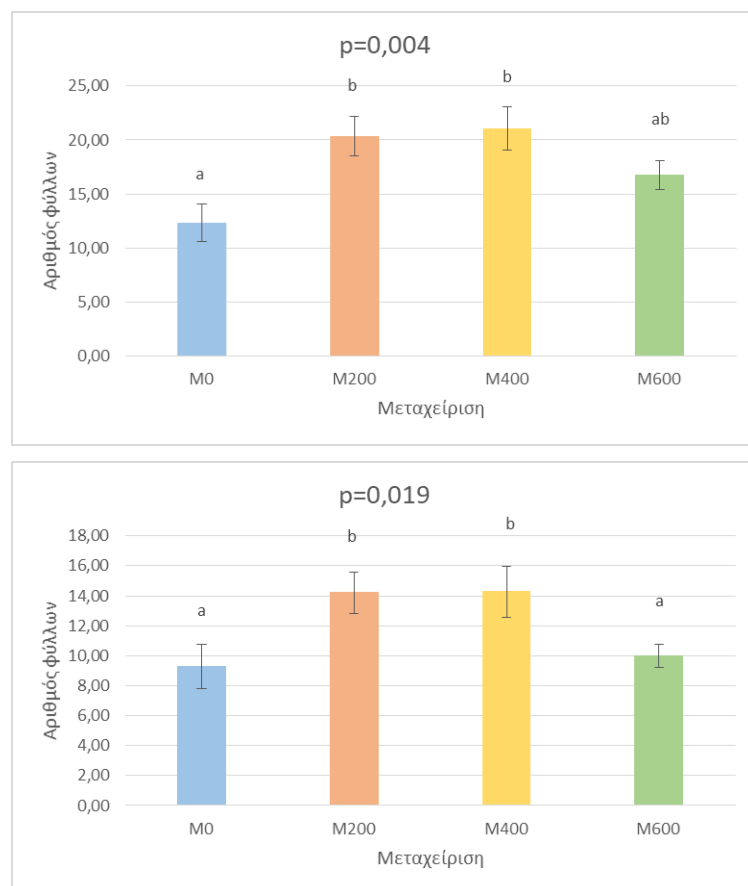


Σχήμα 3. Ο επί τοις εκατό λόγος ξηρού προς νωπού βάρους φυτών πρώτης κοπής (23/02/2018, πάνω γράφημα) και δεύτερης κοπής (30/03/2018, κάτω γράφημα), στις μεταχειρίσεις M0 (μάρτυρας, χωρίς προσθήκες), M200 (προσθήκη 200 ppm N), M400 (προσθήκη 400 ppm N) και M600 (προσθήκη 600 ppm N).

Στο σχήμα 3 παρουσιάζεται ο επί τοις εκατό λόγος ξηρού προς νωπού βάρους πρώτης κοπής (πάνω γράφημα) και δεύτερης κοπής (κάτω γράφημα). Στον λόγο ξηρού προς νωπού βάρους πρώτης κοπής παρατηρήθηκε ότι ο μάρτυρας (M0) είναι μικρότερος από 30% ενώ στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις ο επί τοις εκατό λόγος αυξήθηκε σημαντικά. Οι μεταχειρίσεις M200 και M400 είχαν τις υψηλότερες τιμές ενώ μεταξύ τους δεν εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η μεταχείριση M600 είχε χαμηλότερη τιμή από τις προηγούμενες δύο μεταχειρίσεις και στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Στον λόγο ξηρού προς νωπού βάρους δεύτερης κοπής προέκυψε ότι ο μάρτυρας (M0) είναι μικρότερος από 35% και ήταν χωρίς στατιστικώς σημαντικές διαφορές με τις μεταχειρίσεις M200 και M600. Οι μεταχειρίσεις M200 και M600 ήταν με στατιστικώς σημαντικές διαφορές, η μεταχείριση

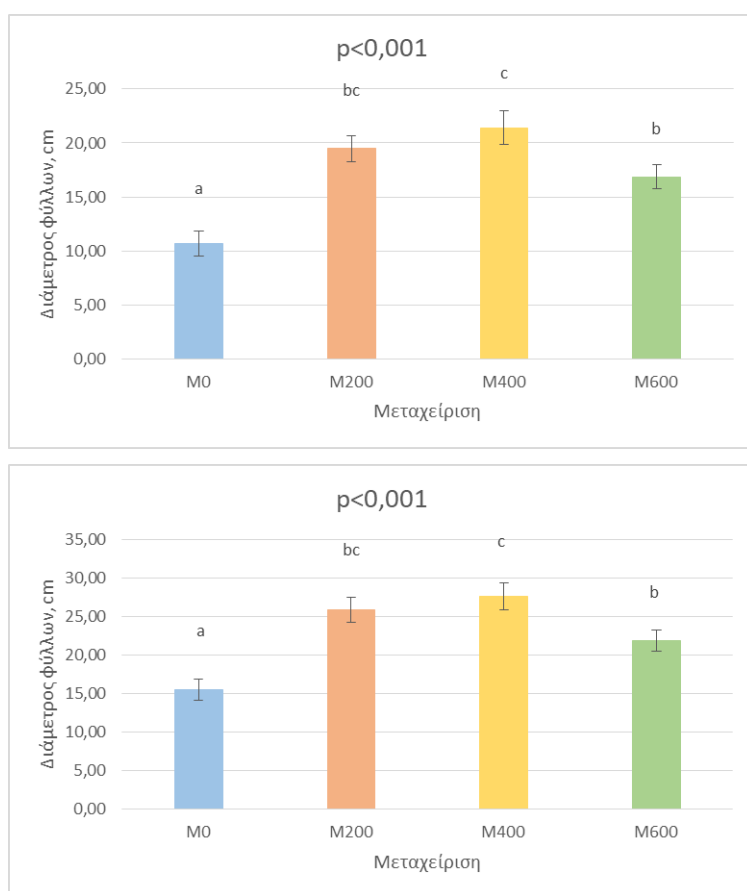
M200 είχε υψηλότερες τιμές από την M600. Η μεταχείριση M400, που είχε τις υψηλότερες τιμές, είχε σημαντικές διαφορές με τις υπόλοιπες.



Σχήμα 4. Αριθμός των φύλλων των φυτών πρώτης κοπής (23/02/2018, πάνω γράφημα) και δεύτερης κοπής (30/03/2018, κάτω γράφημα), στις μεταχειρίσεις M0 (μάρτυρας, χωρίς προσθήκες), M200 (προσθήκη 200 ppm N), M400 (προσθήκη 400 ppm N) και M600 (προσθήκη 600 ppm N).

Στο σχήμα 4 παρουσιάζεται ο αριθμός των φύλλων των φυτών σταμναγκαθιού πρώτης κοπής (πάνω γράφημα) και δεύτερης κοπής (κάτω γράφημα). Για τον αριθμό των φύλλων των φυτών πρώτης κοπής προέκυψε ότι ο αριθμός των φύλλων του μάρτυρα (M0) ήταν μικρότερος από 15 και στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις αυξήθηκε. Η μεταχείριση με την υψηλότερη προσθήκη N (M600) ήταν χωρίς σημαντικές διαφορές από τις υπόλοιπες ενώ οι μεταχειρίσεις M200 και M400 ήταν χωρίς στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους αλλά με σημαντικές διαφορές με την μεταχείριση M0.

Για τον αριθμό των φύλλων των φυτών δεύτερης κοπής προέκυψε ότι ο αριθμός των φύλλων του μάρτυρα ήταν μικρότερος από 10 και δεν είχε σημαντικές διαφορές με την μεταχείριση M600. Οι μεταχειρίσεις M200 και M400 είχαν τον υψηλότερο αριθμό φύλλων και σημαντικές διαφορές με τις μεταχειρίσεις M0 και M600 ενώ μεταξύ τους ήταν χωρίς στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

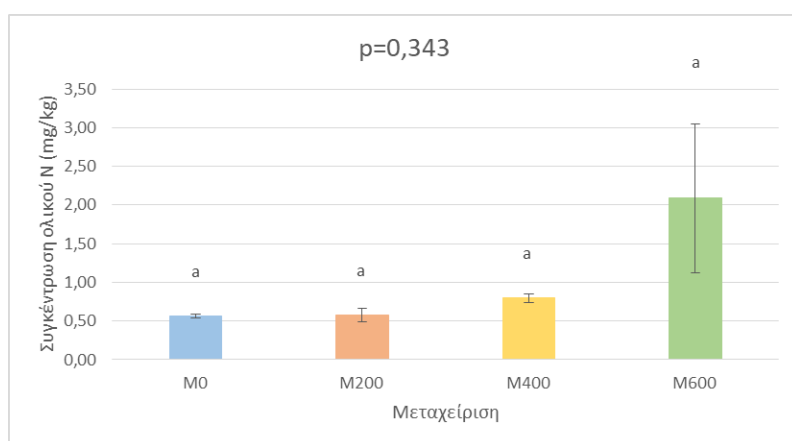


Σχήμα 5. Διάμετρος των φύλλων των φυτών πρώτης κοπής (23/02/2018, πάνω γράφημα) και δεύτερης κοπής (30/03/2018, κάτω γράφημα), στις μεταχειρίσεις M0 (μάρτυρας, χωρίς προσθήκες), M200 (προσθήκη 200 ppm N), M400 (προσθήκη 400 ppm N) και M600 (προσθήκη 600 ppm N).

Από την στατιστική ανάλυση της διαμέτρου των φύλλων των φυτών προέκυψε ότι στην πρώτη κοπή (Σχήμα 5, πάνω γράφημα) η διάμετρος των φύλλων ήταν μικρότερη από 15 cm στον μάρτυρα (M0) και στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις αυξήθηκε. Η μεταχείριση M200 ήταν χωρίς στατιστικώς σημαντικές διαφορές με τις μεταχειρίσεις M400 και M600. Η μεταχείριση M400

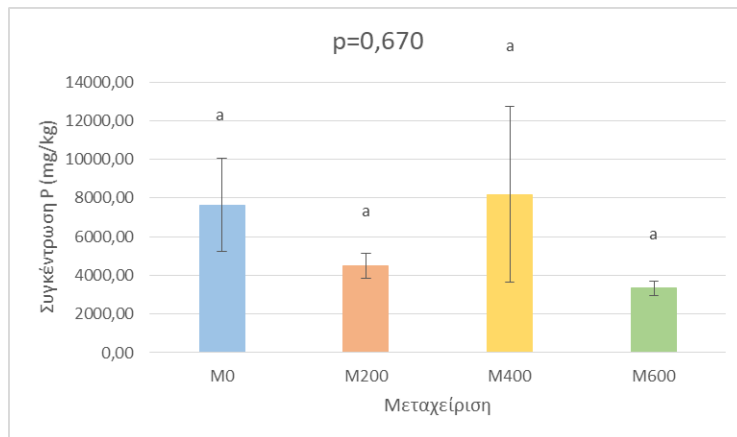
είχε τις υψηλότερες τιμές διαμέτρου των φύλλων και είχε στατιστικώς σημαντικές διαφορές με τις μεταχειρίσεις M0 και M600.

Στην δεύτερη κοπή (Σχήμα 5, κάτω γράφημα) η διάμετρος των φύλλων της μεταχείρισης M0 ήταν μεγαλύτερη από 15 cm. Η διάμετρο των φύλλων της δεύτερης κοπής εμφάνισε παρόμοια εικόνα με τη διάμετρο των φύλλων των φυτών της πρώτης κοπής, επομένως δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.



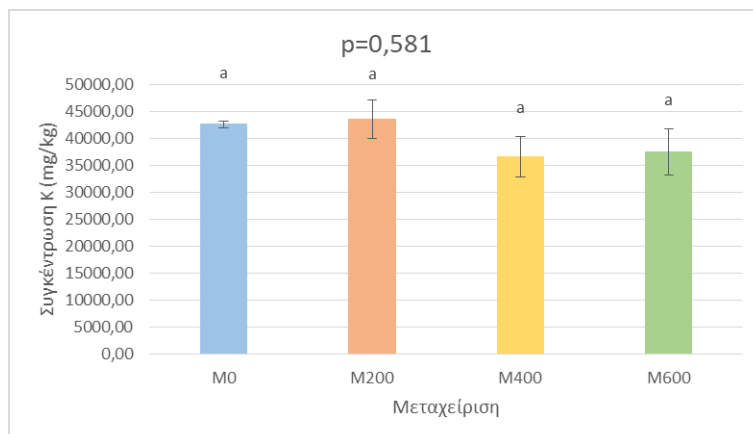
Σχήμα 6. Συγκέντρωση ολικού αζώτου στα φύλλα των φυτών στις μεταχειρίσεις M0 (μάρτυρας, χωρίς προσθήκες), M200 (προσθήκη 200 ppm N), M400 (προσθήκη 400 ppm N) και M600 (προσθήκη 600 ppm N).

Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις ολικού αζώτου στα φύλλα των φυτών (Σχήμα 6) προέκυψε ότι ο μάρτυρας (M0) και οι μεταχειρίσεις M200 και M400 είχαν συγκέντρωση αζώτου μικρότερη από 1 mg/kg και η μεταχείριση με την υψηλότερη προσθήκη N είχε συγκέντρωση λίγο μεγαλύτερη από 2 mg/kg. Παρατηρήθηκε, όμως, ότι οι μεταχειρίσεις ήταν χωρίς στατιστικώς σημαντικές διαφορές.



Σχήμα 7. Συγκέντρωση φωσφόρου στα φύλλα των φυτών στις μεταχειρίσεις M0 (μάρτυρας, χωρίς προσθήκες), M200 (προσθήκη 200 ppm N), M400 (προσθήκη 400 ppm N) και M600 (προσθήκη 600 ppm N).

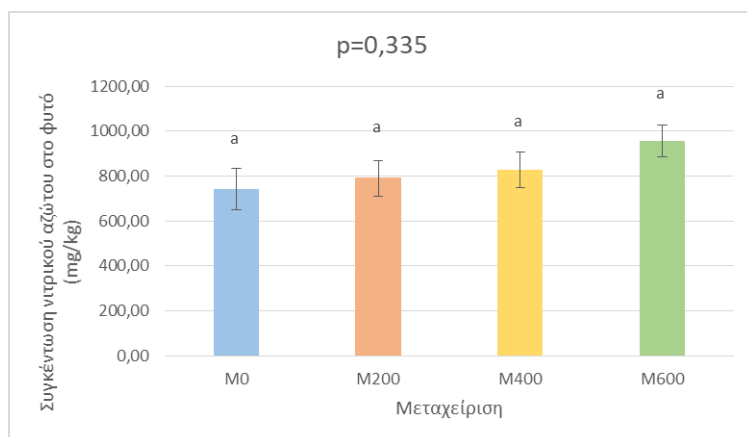
Στις συγκεντρώσεις φωσφόρου στα φύλλα των φυτών (Σχήμα 7) παρατηρήθηκε ότι η συγκέντρωση φωσφόρου στις μεταχειρίσεις M0 και M400 είναι μεγαλύτερη από 7500 και μικρότερη από 8200 mg/kg και η συγκέντρωση φωσφόρου στις μεταχειρίσεις M200 και M600 ήταν μικρότερη από 4500 mg/kg. Οι μεταχειρίσεις δεν είχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.



Σχήμα 8. Συγκέντρωση καλίου στα φύλλα των φυτών στις μεταχειρίσεις M0 (μάρτυρας, χωρίς προσθήκες), M200 (προσθήκη 200 ppm N), M400 (προσθήκη 400 ppm N) και M600 (προσθήκη 600 ppm N).

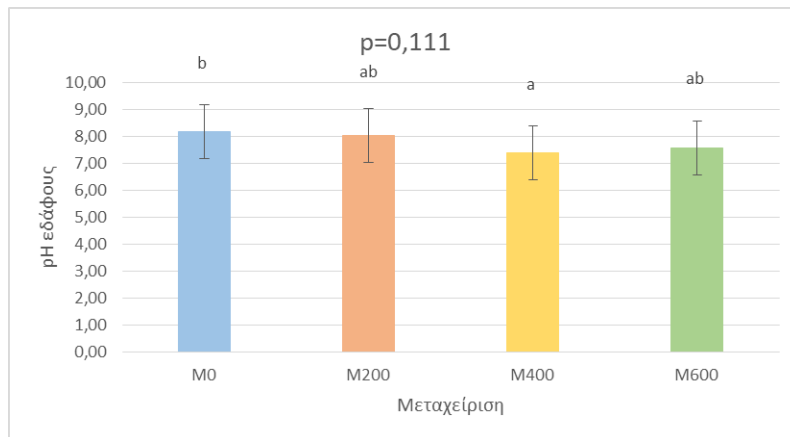
Στο σχήμα 8 παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις του καλίου στα φύλλα. Για τις συγκεντρώσεις αυτές προέκυψε ότι η συγκέντρωση καλίου στον μάρτυρα M0 ήταν σχεδόν ίση με 4300 mg/kg ενώ στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις

παρέμεινε περίπου στις ίδιες τιμές. Παρατηρήθηκε ότι οι μεταχειρίσεις ήταν χωρίς στατιστικώς σημαντικές διαφορές.



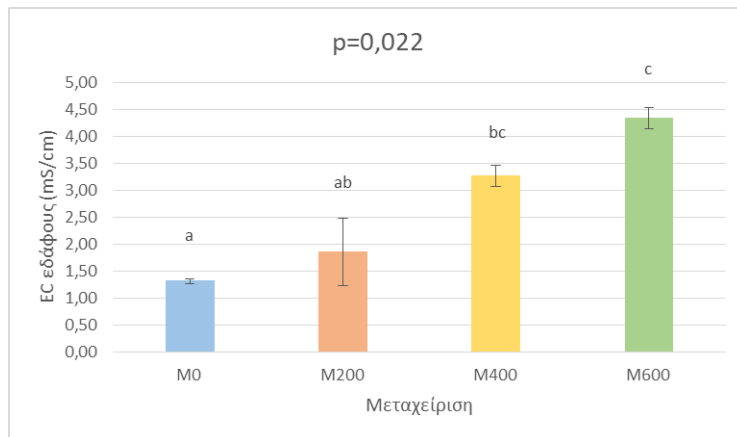
Σχήμα 9. Συγκέντρωση νιτρικού αζώτου στα φύλλα των φυτών στις μεταχειρίσεις M0 (μάρτυρας, χωρίς προσθήκες), M200 (προσθήκη 200 ppm N), M400 (προσθήκη 400 ppm N) και M600 (προσθήκη 600 ppm N).

Στις συγκεντρώσεις νιτρικού αζώτου στα φύλλα των φυτών (Σχήμα 9) παρατηρήθηκε ότι η συγκέντρωση των νιτρικών στην μεταχείριση M0 ήταν μικρότερη από 800 mg/kg ενώ στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις παρατηρείται μία μικρή σταδιακή τάση για αύξηση. Οι μεταχειρίσεις δεν εμφάνισαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.



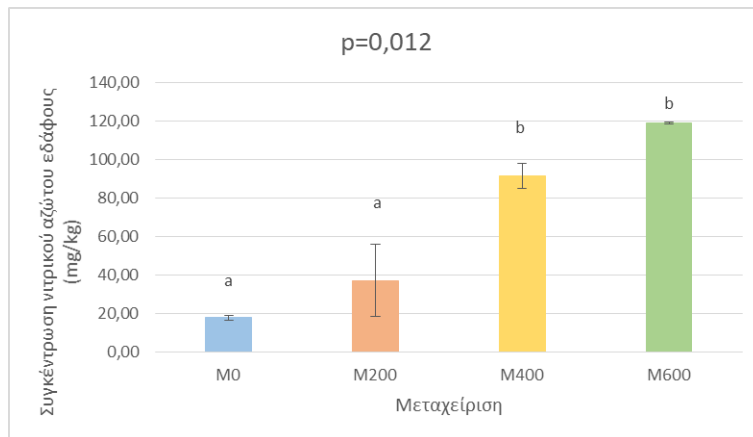
Σχήμα 10. Τιμές pH εδάφους στις μεταχειρίσεις M0 (μάρτυρας, χωρίς προσθήκες), M200 (προσθήκη 200 ppm N), M400 (προσθήκη 400 ppm N) και M600 (προσθήκη 600 ppm N).

Στις τιμές του pH του εδάφους (Σχήμα 10) προέκυψε ότι ο μάρτυρας (M0) είχε pH μεγαλύτερο από 8 και ήταν χωρίς στατιστικώς σημαντικές διαφορές με τις μεταχειρίσεις M200 και M600. Η μεταχείριση M400 είχε pH μικρότερο από τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις και εμφάνισε στατιστικώς σημαντικές διαφορές με την μεταχείριση M0. Οι μεταχειρίσεις M200 και M600 δεν είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές τόσο μεταξύ τους όσο και με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις.



Σχήμα 11. Τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας εδάφους στις μεταχειρίσεις M0 (μάρτυρας, χωρίς προσθήκες), M200 (προσθήκη 200 ppm N), M400 (προσθήκη 400 ppm N) και M600 (προσθήκη 600 ppm N).

Όσον αφορά τη στατιστική ανάλυση των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (Σχήμα 11) παρατηρήθηκε ότι η μεταχείριση M0 είχε EC μικρότερη από 1,5 mS/cm ενώ στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις υπήρξε σταδιακή αύξηση. Οι μεταχειρίσεις M0 και M200, όπως και οι μεταχειρίσεις M200 και M400 ήταν χωρίς σημαντικές διαφορές. Η μεταχείριση M600 είχε τις υψηλότερες τιμές, δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές με την μεταχείριση M400 αλλά εμφάνισε με τις μεταχειρίσεις M0 και M200.



Σχήμα 12. Συγκέντρωση νιτρικού αζώτου εδάφους στις μεταχειρίσεις M0 (μάρτυρας, χωρίς προσθήκες), M200 (προσθήκη 200 ppm N), M400 (προσθήκη 400 ppm N) και M600 (προσθήκη 600 ppm N).

Στις συγκεντρώσεις του νιτρικού αζώτου στο έδαφος (Σχήμα 12) προέκυψε ότι ο μάρτυρας (M0) είχε συγκέντρωση μικρότερη από 20 mg/kg και στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις παρατηρήθηκε αύξηση. Οι μεταχειρίσεις M0 και M200 ήταν χωρίς στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Οι μεταχειρίσεις M400 και M600 είχαν τις υψηλότερες τιμές, δεν εμφάνισαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους αλλά εμφάνισαν με τις μεταχειρίσεις M0 και M200.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα πτυχιακή διατριβή ερευνήθηκε η επίδραση των διαφορετικών συγκεντρώσεων νιτρικού αζώτου (0, 200, 400, 600 ppm) σε φυτά σταμναγκαθίου καθώς και η επίδραση αυτών στο έδαφος και στα υπόλοιπα θρεπτικά. Δημιουργήθηκαν συνολικά 4 μεταχειρίσεις των 15 φυτών σε κάθε μία από τις οποίες πραγματοποιήθηκε χορήγηση λιπασμάτων αζώτου μέσω ποτισμάτων.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του νωπού βάρους πρώτης κοπής προέκυψε ότι με την αύξηση των ποσοτήτων αζώτου αυξήθηκε το νωπό βάρος στις ενδιάμεσες μεταχειρίσεις (200, 400 ppm). Αντίθετα, στο νωπό βάρος δεύτερης κοπής προέκυψε ότι με την αύξηση των ποσοτήτων αζώτου αυξήθηκε μόνο το νωπό βάρος στα 200 ppm ενώ στα 400 ppm μειώθηκε περισσότερο και από τα 600 ppm. Σε αντίστοιχο πείραμα στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας από την Ιωάννου (2017) προέκυψε ότι υψηλότερο νωπό βάρος είχε η συγκέντρωση των 400 ppm. Επιπλέον, οι Chen et al. (2004) παρατήρησαν ότι, σε φυλλώδη λαχανικά που εφαρμόστηκαν διαφορετικές ποσότητες αζώτου, η εφαρμογή νιτρικών αύξησε το νωπό βάρος των φυτών το οποίο παρουσίασε μείωση με την υπερβολική αύξηση των ποσοτήτων αζώτου.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα του ξηρού βάρους πρώτης και δεύτερης κοπής προέκυψε ότι με την αύξηση των συγκεντρώσεων αζώτου αυξήθηκε και το ξηρό βάρος των σταμναγκαθίων ενώ μειώθηκε στην μεταχείριση με την υψηλότερη εφαρμογή αζώτου (600 ppm). Σε αντίθεση με το νωπό βάρος δεύτερης κοπής παρατηρείται ότι υψηλότερο ξηρό βάρος δεύτερης κοπής προέκυψε στα 400 ppm. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στην καταπόνηση των φυτών με την χορήγηση αζώτου και στην πιθανή συγκράτηση περισσότερης υγρασίας στο νωπό βάρος. Τα αποτελέσματα αυτά διαφωνούν με την Ιωάννου (2017) όπου η υψηλότερη τιμή ξηρού βάρους παρατηρείται στον μάρτυρα. Σε πείραμα των Liu et al. (2014) που πραγματοποιήθηκε σε μαρούλι χορηγώντας του δύο διαφορετικές ποσότητες ανόργανου θρεπτικού διαλύματος (νιτρικού αμμωνίου), δύο διαφορετικές ποσότητες οργανικού λιπάσματος και δύο διαφορετικές ποσότητες οργανικού

και υγρού λιπάσματος προέκυψε ότι οι τιμές του ανόργανου θρεπτικού διαλύματος δεν έχουν ιδιαίτερες διαφορές με τον μάρτυρα ενώ οι τιμές του οργανικού λιπάσματος σε συνδυασμό με το υγρό λίπασμα αύξησαν την ανάπτυξη του μαρουλιού. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι με το πέρασ 50 ημερών οι τιμές του ξηρού βάρους αυξήθηκαν στις μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκε μεμονωμένα οργανικό λιπάσματος καθώς και στις μεταχειρίσεις που συνδυάστηκε οργανικό και υγρό λίπασμα ενώ στις μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκε ανόργανο λίπασμα δεν υπήρξαν σημαντικές αλλαγές.

Σύμφωνα με τον επί τοις εκατό λόγο ξηρού προς νωπού βάρους πρώτης κοπής παρατηρείται ότι οι μέγιστες τιμές βρίσκονται στις ενδιάμεσες μεταχειρίσεις αζώτου (200, 400 ppm). Στα αποτελέσματα αυτά παρατηρείται η μέγιστη τιμή στα 400 ppm ενώ η μικρότερη τιμή στα 600 ppm. Επιπλέον, στα αποτελέσματα δεύτερης κοπής παρατηρείται ότι ο λόγος στα 600 ppm μειώνεται περισσότερο από τον μάρτυρα. Τα αποτελέσματα αυτά πιθανών να οφείλονται στην συγκέντρωση μεγάλων ποσοτήτων υγρασίας με την συνεχή χορήγηση υψηλών συγκεντρώσεων αζώτου.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τον αριθμό των φύλλων αλλά και την διάμετρο αυτών τόσο στην πρώτη όσο και στη δεύτερη κοπή δείχνουν ότι τις υψηλότερες τιμές έχουν οι μεταχειρίσεις 200 και 400 ppm. Όσον αφορά τα αποτελέσματα μέτρησης του αριθμού των φύλλων παρατηρήθηκε αύξηση αυτών, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από την Ιωάννου (2017). Όσον αφορά την διάμετρο των φύλλων παρατηρήθηκε επίσης αύξηση ενώ στο αντίστοιχο πείραμα της Ιωάννου (2017) δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων παρά την αύξηση της διαμέτρου σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Επιπλέον, σε πείραμα των Biesiada et Kolota (2010) σε ποικιλία ραδικιού στο οποίο χορηγήθηκαν αυξανόμενες ποσότητες αζώτου προέκυψε ότι οι αποδόσεις του αυξήθηκαν με την αυξανόμενη εφαρμογή αζώτου ενώ οι μέγιστες τιμές παρατηρήθηκαν στις ενδιάμεσες μεταχειρίσεις. Οι Wang et Li (2004) σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε σε λαχανικά χορηγώντας τους διάφορα είδη αζωτούχων λιπασμάτων παρατήρησαν ότι οι αποδόσεις των λαχανικών αυξήθηκαν σε όλες τις μεταχειρίσεις ενώ παρατήρησαν ότι δεν υφίσταται υψηλότερη απόδοση με την υπερβολική προσθήκη αζώτου. Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα βρέθηκαν οι Biesiada et Kolota (2008) όπου σε ποικιλία ραδικιού, με την

αύξηση των ποσοτήτων αζώτου (νιτρικού αζώτου) αυξήθηκαν οι αποδόσεις του φυτού με την διαφορά όμως ότι η υψηλότερη απόδοση εμφανίστηκε στην χορήγηση της υψηλότερης ποσότητας αζώτου. Αντίθετα, οι Liu et al (2014) παρατήρησαν ότι οι αποδόσεις του μαρουλιού στα ανόργανα θρεπτικά δεν ήταν τόσο αυξημένες όσο στα οργανικά θρεπτικά ενώ οι καλύτερες αποδόσεις παρατηρήθηκαν στην εφαρμογή του συνδυασμού οργανικού και υγρού λιπάσματος.

Τα αποτελέσματα της συνολικής συγκέντρωσης αζώτου στα φυτά του σταμναγκαθιού έδειξαν μια μικρή αύξηση ανάλογη με την αύξηση της ποσότητας αζώτου και ειδικότερα στα 600 ppm χωρίς όμως να έχει σημαντικές διαφορές με τα υπόλοιπα. Παρά την αυξημένη συγκέντρωση του ολικού αζώτου, οι συγκεντρώσεις αυτού στα φύλλα του σταμναγκαθιού δεν ήταν υψηλές. Οι Ćustić et al. (2002) σε πείραμα εφαρμογής διαφορετικών ποσοτήτων αζώτου σε καλλιέργεια ραδικιού παρατήρησαν επίσης αύξηση στη συγκέντρωση του ολικού αζώτου καθώς αυξανόταν η ποσότητα αζώτου. Η υψηλότερη συγκέντρωση παρατηρήθηκε στην υψηλότερη ποσότητα αζώτου. Η διαφορά σε αυτή την μελέτη είναι ότι οι συγκεντρώσεις του ολικού αζώτου είναι σημαντικά υψηλότερες. Σύμφωνα με την αύξηση της συγκέντρωσης του ολικού αζώτου είναι και οι Liu et al. (2014).

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φωσφόρου και καλίου δεν παρουσιάζουν κάποια αντίδραση σε σχέση με τις ποσότητες αζώτου παρά μόνο στη συγκέντρωση καλίου όπου εμφανίζει μια ελάχιστη μείωση στις μεταχειρίσεις των 400 και 600 ppm χωρίς όμως να διαφέρει σημαντικά από τις υπόλοιπες. Αυτό δείχνει ότι το άζωτο δεν επηρεάζει τις συγκεντρώσεις των υπόλοιπων θρεπτικών στοιχείων στο φυτό. Σύμφωνα με την Ιωάννου (2017) το κάλιο παρουσιάζει μία παραπάνω μείωση στα 600 ppm σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις που δεν έχουν διαφορές. Οι Biesiada et Kolota (2010) παρατήρησαν αύξηση του καλίου σε όλες τις μεταχειρίσεις συγκριτικά με τον μάρτυρα ενώ ο φώσφορος δεν έδειξε να επηρεάζεται από την εφαρμογή λιπάσματος σε μεγάλο βαθμό. Επίσης, οι Bieasiada et Kolota (2008) συμπέραναν ότι η επίδραση των ποσοτήτων αζώτου στη συγκέντρωση φωσφόρου και καλίου δεν ήταν σημαντική.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της συγκέντρωσης του νιτρικού αζώτου παρατηρείται βαθμιαία αύξηση ανάλογη με την ποσότητα χορήγησης αζώτου.

Επίσης, παρατηρείται σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση νιτρικού αζώτου σε σχέση με το ολικό άζωτο στα φύλλα κάτι που μπορεί να οφείλεται είτε στην παρουσία υψηλών ποσοτήτων αυτού στο έδαφος είτε στη χορήγηση υψηλών ποσοτήτων αζώτου που παρεμποδίζουν τον μεταβολισμό τους. Η αύξηση των ποσοτήτων αζώτου συνεπάγεται με αυξημένα επίπεδα νιτρικού αζώτου στο φυτό (Biesiada et Kolota, 2010, Biesiada et Kolota, 2008, Liu et al., 2014). Ωστόσο, σύμφωνα με τους Chen et al. (2004) η συγκέντρωση νιτρικού αζώτου αυξάνεται με μεγάλο ρυθμό με την προσθήκη αζώτου στις τρεις πρώτες μεταχειρίσεις ενώ στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις που περιέχουν υψηλότερες ποσότητες αζώτου παρατηρείται χαμηλότερου ρυθμού αύξηση. Αντίστοιχη παρατήρηση έκανε και η Ιωάννου (2017) όπου η συγκέντρωση του νιτρικού αζώτου ήταν υψηλότερη στα 400 ppm ενώ δεν είχε σημαντικές διαφορές με την συγκέντρωση νιτρικών στα 600 ppm. Οι Wang et Li (2004) υποστηρίζουν ότι η εφαρμογή διαφόρων λιπασμάτων αζώτου αύξησε την συγκέντρωση των νιτρικών στα φυτά ενώ παρατήρησαν ότι η εφαρμογή νιτρικών λιπασμάτων, σε αντίθεση με τα αμμωνιακά λιπάσματα, αύξησε περισσότερο την συγκέντρωση νιτρικών.

Στις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στο έδαφος προέκυψε ότι το pH του εδάφους ήταν ελαφρώς αλκαλικό και οι τιμές του κυμαίνονται μεταξύ των τιμών 7-8,5. Επίσης παρατηρείται ότι χαμηλότερο pH (μικρότερο από 8) είχαν οι μεταχειρίσεις με την εφαρμογή υψηλότερων συγκεντρώσεων αζώτου. Φαίνεται έτσι ότι η εφαρμογή υψηλών συγκεντρώσεων αζώτου μείωσε λίγο το pH του εδάφους κάτι που ίσως να επηρέασε και την καλύτερη ανάπτυξη των φυτών. Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι για την καλύτερη ανάπτυξη των φυτών σταμναγκαθιού το pH του εδάφους πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 6,1-7,8 (Τόσκας, 2010), στο παρόν πείραμα φαίνεται να μην ισχύει απόλυτα ο ισχυρισμός αυτό, ίσως διότι υπάρχουν κι άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών. Επιπλέον, σύμφωνα με τους Liu et al. (2014) το pH του υπό δοκιμή εδάφους είχε τιμή ίση με 7,2, το υγρό λίπασμα ήταν όξινο με τιμή pH ίση με 4,01 ενώ το οργανικό λίπασμα ήταν ελαφρώς αλκαλικό με τιμή pH ίση με 7,81.

Σε ό,τι αφορά την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους, στο παρόν πείραμα παρατηρήθηκε ότι με την αύξηση των συγκεντρώσεων αζώτου αυξήθηκε βαθμιαία και η ηλεκτρική αγωγιμότητα σε τιμές που κυμαίνονται

μεταξύ 1-4,5 mS/cm. Η υπερβολική αλατότητα σίγουρα είναι ένας παράγοντας μείωσης της ανθεκτικότητας και της φυσιολογικής ανάπτυξης των φυτών. Σύμφωνα με τους Liu et al. (2014) η εφαρμογή λιπασμάτων αζώτου αύξησε την EC των εδαφών ενώ το έδαφος με την υψηλότερη ποσότητα ανόργανου λιπάσματος είχε την υψηλότερη τιμή EC.

Τέλος, από τα αποτελέσματα της συγκέντρωσης νιτρικού αζώτου στο έδαφος προέκυψε ότι ανάλογη με τον ρυθμό χορήγησης των συγκεντρώσεων αζώτου ήταν η συγκέντρωση του νιτρικού αζώτου στο έδαφος με την υψηλότερη τιμή στην τελευταία μεταχείριση (600 ppm). Η υπερβολική συσσώρευση νιτρικών στο έδαφος πιθανών να οφείλεται στην υψηλή εφαρμογή ποσοτήτων αζώτου σε αυτό. Τα φυτά ίσως δεν είχαν την ικανότητα να απορροφήσουν περισσότερα νιτρικά με αποτέλεσμα αυτά να μην αναπτυχθούν σωστά αλλά και να παραμείνουν στο έδαφος επιβαρύνοντάς το. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με την Ιωάννου (2017) ενώ οι Chen et al. (2004) θεωρούν ότι η ακαταλόγιστη εφαρμογή νιτρικών στο έδαφος είχε ως αποτέλεσμα την συσσώρευση περισσότερων νιτρικών στο έδαφος αλλά και την μείωση της απόδοσης των φυτών.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- 1) Η χορήγηση λιπασμάτων αζώτου αυξάνει τις αποδόσεις των φυτών σταμναγκαθιού. Ωστόσο, εάν γίνεται υψηλή χορήγηση αυτών (εδώ, 600 ppm N), οι αποδόσεις μειώνονται.
- 2) Η υπερβολική συγκέντρωση νιτρικού αζώτου στα φύλλα και στο έδαφος επηρέασε την συνολική συγκέντρωση αζώτου στα φύλλα.
- 3) Η εφαρμογή αζώτου δεν επηρέασε την συγκέντρωση του φωσφόρου στα φύλλα ενώ είχε μικρή επίδραση στη συγκέντρωση του κάλιο.
- 4) Το pH, αυξανόμενης της ποσότητας αζώτου στο έδαφος, είχε μια τάση μείωσης που πιθανώς να οφείλεται στην νιτροποίηση του αμμωνιακού αζώτου.

5) Η ανάπτυξη των φυτών επηρεάστηκε από την ηλεκτρική αγωγιμότητα. Συγκεκριμένα στην μεταχείριση των 600 ppm όπου υπάρχει η υψηλότερη τιμή της παρατηρήθηκε μείωση της απόδοσης των φυτών, κάτι που δεν παρατηρείται στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις (0, 200, 400 ppm).

6) Τα φυτά είναι ανθεκτικά στις υψηλές συγκεντρώσεις EC (έως 400 ppm N).

7) Η συσσώρευση νιτρικών στο έδαφος επηρέασε την ανάπτυξη αλλά και τις αποδόσεις των φυτών.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βερεσόγλου Δ.Σ., 2010. Οικολογία. Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη.
- Γκίκας Φ., 2020. Προσδιορισμός βέλτιστης σύνθεσης θρεπτικού διαλύματος για σταμναγκάθι καλλιεργούμενο υδροπονικά και σύγκριση του υδροπονικού συστήματος με καλλιέργεια στο έδαφος όσον αφορά την παραγωγή και την ποιότητα του προϊόντος. Μεταπτυχιακή διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Θερίος Ι.Ν., 2005. Ανόργανη Θρέψη και Λιπάσματα. Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη.
- Ιωάννου Α., 2017. Επίδραση της αυξημένης συγκέντρωσης νιτρικών στην παραγωγή και ποιότητα φυτών σταμναγκαθίου (1^ηκαλλιεργητική περίοδος). Πτυχιακή διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- Καββάδας Δ., 1956. Βοτανικό Φυτολογικό Λεξικό. Αθήνα.
- Καραμάνος Α.Ι., 2012. Γενική Γεωργία. Αρχές Φυτικής Παραγωγής στις Αροτραίες Καλλιέργειες. Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα.
- Οικονομάκης Κ.Δ., 2009. Τα άγρια χόρτα στην “κρητική δίαιτα”, ΕΘΙΑΓΕ, 8:9.
- Στεφανάκη-Νικηφοράκη Μ., 1999. Συστηματική Βοτανική- Κλείδες. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα.

- Τόσκακας Ι., 2010. Μελέτη της ανάπτυξης και παραγωγής αδραλίδας (*Hymenometra graecum*) και σταμναγκαθιού (*Cichorium spinosum*). Πτυχιακή διατριβή. ΑΤ.Ε.Ι. Καλαμάτας, Καλαμάτα.
- Χα Ι., Πετρόπουλος Σ., 2014. Γενική Λαχανοκομία και Υπαίθρια Καλλιέργεια Λαχανικών. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.
- Biesiada A. & Kolota E., 2008. The effect of nitrogen fertilization on yield and quality of radicchio. *J. Elemento*, 13(2):175-180.
- Biesiada A. & Kolota E., 2010. The effect of nitrogen fertilization on yielding and chemical composition of radicchio chicory for autumn–harvest cultivation. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*,9(4):85-91
- Chatzianni M., Alkhaled B., Livieratos I., Stamatakis A., Ntatsi G., SavvasD., 2018. Impact of nitrogen source and supply level on growth, yield and nutritional value of two contrasting ecotypes of *Cichorium spinosum* L. grown hydroponically. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(4):1615–1624.
- Chatzianni M., Ntatsi G., Theodorou M., Stamatakis A., Livieratos I., Rouphael Y., SavvasD., 2019. Functional Quality, Mineral Composition and Biomass Production in Hydroponic Spiny Chicory (*Cichorium spinosum* L.) Are Modulated Interactively by Ecotype, Salinity and Nitrogen Supply. *Frontiers in Plant Science*, 10:1-14.
- Chen B., Wang Z., Li S., Wang G., Song H., Wang X., 2004. Effects of nitrate supply on plant growth, nitrate accumulation, metabolic nitrate concentration and nitrate reductase activity in three leafy vegetables. *Plant Science*, 167(3):635-643
- Ćustić M., Horvatić M., Butorac A., 2002. Effects of nitrogen fertilization upon the content of essential amino acids in head chicory (*Cichorium intybus* L. var. *foliosum*). *Scientia Horticulturae*, 92(3-4):205-215
- He M., Yan Z., Cui X., Gong Y., Li K., Han W., 2020. Scaling the leaf nutrient resorption efficiency: Nitrogen vs phosphorus in global plants. *Science of The Total Environment*, 729:138920
- Kolovou P., Antoniadis V., Karkanis A., Petropoulos S.A., 2017. The effect of nutrient solution on development of *Cichorium spinosum*

- plants. Proceedings 8th International Scientific Agriculture Symposium. Agrosym 2017, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, pp. 270-274
- Liu C., Chen B., Lai H., 2014. Effects of nitrogen fertilizers on the growth and nitrate content of lettuce (*Lactuca sativa* L.). International Journal of Environmental Public Health, 11(4):4427-4440.
 - Petropoulos S.A., Fernandes Â., Ntatsi G., Levizou E., Barros L., Ferreira I.C.F.R., 2016. Nutritional profile and chemical composition of *Cichorium spinosum* ecotypes. LWT-Food Science and Technology, 73:95-101.
 - Petropoulos S.A., Levizou E., Ntatsi G., Fernandes Â., Petrotos K., Akoumianakis K., Barros L., Ferreira I.C.F.R., 2017. Salinity effect on nutritional value, chemical composition and bioactive compounds content of *Cichorium spinosum* L. Food Chemistry, 214:129-136
 - Silva A. & Uchida R., 2000. Essential nutrients for plant growth: nutrient functions and deficiency symptoms. In: Uchida R. (eds.), Plant Nutrient Management in Hawaii's Soils, Approaches for Tropical and Subtropical Agriculture, College of Tropical Agriculture and Human Resources: university of Hawaii at Manoa Publishers, Honolulu, Hawaii, pp. 31-55.
 - Singh P., Rakesh K., Agarwal R., Tripathi P.P., Dhooria S., Sehgal I.S., Prasad K.T., Hans R., Sharma R., Sharma N., Lad D., Aggarwal A.N., Muthu V., 2020. Therapeutic whole blood exchange in the management of methaemoglobinemia: Case series and systematic review of literature. Transfusion Medicine: Official Journal of the British Blood Transfusion Society, 30(3):231-239.
 - Wang Z., & Li S., 2004. Effects of nitrogen and phosphorus fertilization on plant growth and nitrate accumulation in vegetables. Journal of Plant Nutrition, 27(3):539-556.